

Petteri Heiskanen

## **HOTELLI CUMULUKSEN JÄÄHDYTYKSEN SUUNNITTELU**

# **HOTELLI CUMULUKSEN JÄÄHDYTYKSEN SUUNNITTELU**

Petteri Heiskanen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma

---

Tekijä: Petteri Heiskanen  
Opinnäytetyön nimi: Hotelli Cumuluksen jäähdytyksen suunnittelu  
Työn ohjaaja: Pirjo Kimari  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014 Sivumäärä: 63 + 43 liitettä

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella elinkaarikustannukseltaan edullinen jäähdytysjärjestelmä Kuopion hotelli Cumulusiin. Hotelli Cumulus sijaitsee Kuopion keskustassa ja se on valmistunut vuonna 1974. Rakennuksen jäähdytys oli toteutettu ilmanvaihdolla, joka ei riittänyt kattamaan koko jäähdytystarvetta.

Jäähdytysjärjestelmän suunnittelussa kiinnitettiin erityistä huomiota optimaaliseen tilankäyttöön niin, että uusien ja olemassa olevien putkien ja kanavien välillä ei synny törmäyksiä. Työn suunnittelu aloitettiin tutustumalla kohteeseen, minkä jälkeen laskettiin tilojen jäähdytystarpeita IDA ICE -ohjelmalla. Laskelmalta selvitetään kuinka jäähdytystarve muodostuu ja miten siihen vaikuttavat eri tekijät. Suurimman jäähdytystarpeen aiheuttavat auringon, sähkölaitteiden ja henkilöiden tuoma lämpökuorma. Jäähdytysputket suunniteltiin CADS Planer -ohjelmalla.

Jäähdytysjärjestelmäksi valittiin vapaajäähdytys ja jäähdytysyksiköksi puhallinkonvektori. Puhallinkonvektorit sijoitettiin huoneiden eteiseen. Jäähdytysjärjestelmän rakentaminen suoritetaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa jäähdytysjärjestelmä rakennetaan näin kerroksiin viisi ja kuusi, ja toisessa vaiheessa rakennetaan jäähdytysjärjestelmä loppuihin kerroksista.

Laskennallisesti vapaajäähdytyksellä saatiin aikaan noin 20 % ostoenergian säästö verrattuna että vapaajäähdytystä ei olisi ollut ollenkaan, vaikka talviaikaan ei esiintynyt jäähdytystarvetta. Puhallinkonvektoriin ja nestejäähdyttimeen valittiin EC-moottori, vaikka niiden hankintakustannukset olivat hieman korkeammat kuin ilman EC-moottoreita. Jäähdytysputken materiaaliksi valittiin ruostumaton teräs. Hotellin jäähdytystarpeeksi muodostui yhteensä 208 044 W.

---

Asiasanat: LVI-suunnittelu, jäähdytys, LVI-tekniikka, kestävä kehitys

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 JÄÄHDYTYSTARVE	8
2.1 Ilmastointi	10
2.2 Hotellihuoneet	14
2.2.1 Henkilöiden aiheuttama lämpökuorma	14
2.2.2 Valaistuksen aiheuttama lämpökuorma	15
2.2.3 Laitteiden aiheuttama lämpökuorma	15
2.2.4 Auringon aiheuttama lämpökuorma	16
2.2.5 Tulosten vertailu	19
2.3 Kokoustilat	22
2.4 Vastaanotto-tila	24
2.5 Ravintola	24
3 SUORA JA VÄLILLINEN JÄÄHDYTYS	27
3.1 Suora jäähdytysjärjestelmä	27
3.2 Välillinen jäähdytysjärjestelmä	27
3.3 Vapaajäähdytys	28
4 JÄÄHDYTYSLAITTEET	29
4.1 Vedenjäähdytin	29
4.2 Nestejäähdytin	31
4.3 Lämmönsiirrin	33
5 JÄÄHDYTYSYKSIKÖT JA PUTKISTOT	34
5.1 Ilmastointipalkit	34
5.2 Puhallinkonvektori	34
5.3 Materiaalivalinnat	36
5.4 Putki ja kanavareitit	38
6 VENTTIILIIT JA VAROLAITTEET	41
6.1 Lämpäventtiili	41

6.2 Linjasäätöventtiili	42
6.3 Jäähdytysventtiili	42
6.4 Kolmitieventtiilit	44
6.5 Patteriventtiili	45
6.6 Paisunta-astia	46
6.7 Tasaajasäiliön mitoitus	48
7 PUMPPUJEN VALINTA	51
8 SÄHKÖÄ KULUTTAVIEN LAITTEIDEN KUSTANNUKSET	53
8.1 Jäähdytysenergian tarve	53
8.2 Vapaajäähdytyksen energian säästö	55
8.3 Sähkönenergian kulutus	56
8.4 Kustannukset	59
9 YHTEENVETO	60
LÄHTEET	61
LIITTEET	64

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella elinkaarikustannukseltaan edullinen jäähdytysjärjestelmä Kuopion hotelli Cumulusiin. Hotelli Cumulus sijaitsee Kuopion keskustassa ja se on valmistunut vuonna 1974. Hotellin kokonaispinta-ala on noin 5 560 m<sup>2</sup>, siinä on kuusi kerrosta. Hotellin kaikki 143 hotellihuonetta varustetaan lisjäähdytyksellä. Hotellin ravintolaa, vastaanottotilaa, kokoustiloja ja muita yleisiä tiloja ei varusteta lisjäähdytyksellä, mutta niiden liittämiseksi jäähdytysjärjestelmään haluttiin tehdä varaukset. Jäähdytysjärjestelmän rakentaminen suoritetaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa jäähdytysjärjestelmä rakennetaan näin kerroksiin viisi ja kuusi, ja toisessa vaiheessa rakennetaan jäähdytysjärjestelmä loppuihin kerroksista.

Jäähdytysjärjestelmän suunnittelussa kiinnitettiin erityistä huomiota optimaaliseen tilankäyttöön niin, että uusien ja olemassa olevien putkien ja kanavien välillä ei synny törmäyksiä. Törmäyksien välttämiseksi joudutaan purkamaan olemassa olevia ilmanvaihtokanavia. Työmaalla jouduttiin käymään useita kertoja, jotta löydettiin taloudellisin jäähdytysputkireitti. Samalla päästiin tutustumaan jo olemassa olevaan jäähdytysjärjestelmään eli ilmanvaihtojärjestelmään ja saatiin jäähdytystarpeen laskentaan tärkeitä lähtötietoja, kuten laitteiden sähkötehot ja auringonsuojausmenetelmät.

Työn suunnittelu aloitettiin laskemalla tilojen jäähdytystarpeet IDA ICE -ohjelmalla ja vertaamalla niitä käsin laskettuun tulokseen. Jäähdytystarpeen laskennassa käytettiin Suomen rakentamismääräyskokoelmia ja tilaajan toiveita. IDA ICE:sta saatiin myös vaadittu lämpötilasimulointi.

Jäähdytysputkien suunnittelu tehtiin CADS Planer -ohjelmalla. Tämän jälkeen päästiin valitsemaan jäähdytysjärjestelmä. Jäähdytysjärjestelmäksi valittiin vapaajäähdytys. Vapaajäähdytyksellä saadaan ulkoilmasta jäähdytysenergiaa, joten se on ympäristöystävällinen ratkaisu. Jäähdytysyksiköksi valittiin puhallin-konvektori, sillä saadaan aikaan nopea tilan jäähdytys. Työssä laskettiin käsin venttiilit, paisunta-astia ja tasaajasäiliö, jotta pumpput saatiin oikein mitoitettua.

Työssä myös tarkastellaan sähköä kuluttavien laitteiden aiheuttamia kustannuksia.

## 2 JÄÄHDYTYSTARVE

Suunnittelun lähtökohtana oli että tilat eivät pääse lämpenemään haitallisesti. Kesällä huoneiden lämpötilaehdot tulee osoittaa dynaamisella laskentatyökalulla. Kesäajan jäähdytystarve lasketaan 1. kesäkuuta ja 31. elokuuta väliselle ajalle. Laskennassa huomioidaan kohteeseen suunnitellut ilmavirrat ja jäähdytyksen hallintakeinot. (1, s. 9.) Laskentatyökaluna käytettiin IDA ICE -ohjelmaa.

Oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilana käytetään kesäkauden suunnitteluarvona 23 °C (2, s. 6). Haitallisen lämpenemisen estämiseksi kuukauden keskimääräinen sisälämpötila ei saa olla yleensä korkeampi kuin 25 °C (3, s. 8). Lämpötilan jäähdytysrajana käytetään majoitusrakennuksessa 25 °C:ta (1, s. 9).

Tilaajan toiveesta hotellihuoneiden jäähdytys mitoitettiin niin, että huonelämpöolosuhteet ovat alle 24 °C (38 kJ/kg), kun ulkolämpötilasuhteet ovat 28 °C (60 kJ/kg).

Lämpökuormat pyritään minimoimaan sopivilla rakenne-, auringonsuojaus- ja valaistusratkaisulla. Lämpökuormaan vaikuttavat eniten auringon, henkilöiden, valaistuksen ja sähkölaitteiden tuoma lämpökuorma. Tilan kosteuden poisto vaikuttaa olennaisesti jäähdytysyksiköstä ja tuloilmasta saatavaan jäähdytystehoon. Lämpökuorma, joka jää jäljelle poistetaan, jäähdytyksen ja ilmanvaihdon avulla. Yötuuletuksella voidaan alentaa jäähdytystarvetta.

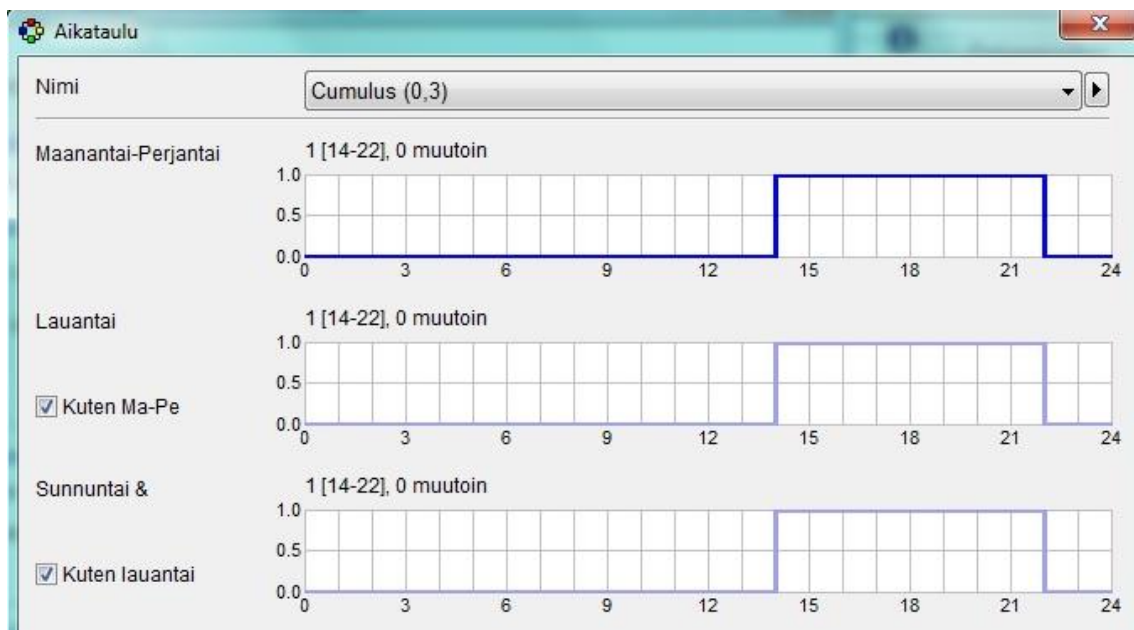
Käyttöajalla tarkoitetaan sitä, kuinka paljon rakennusta käytetään ja käyttöaste on keskimääräinen valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sekä ihmisten läsnäolo rakennuksen käyttöaikana. (5, s. 19.) Käyttöaikana käytetään taulukon 1 arvoja.



TAULUKKO 1. Käyttöaikataulu (5, s. 19)

Käyttötarkoitukseluokka	Kellonaika	Käyttöaika (h/24h)	Käyttöaika (d/7d)	Käyttöaste	Valaistus (W/m <sup>2</sup> )	Kuluttajalaitteet (W/m <sup>2</sup> )	Ihmiset (W/m <sup>2</sup> )
Majoitusrakennus	00:00-24:00	24	7	0,3	14	4	4
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	19	1	2

IDA ICE:hen mallinnettiin hotellihuoneiden sähkölaitteiden ja valaistuksen käyttöaikataulu (kuva 1). Henkilön käyttöaikatauluna käytettiin jokaisena päivänä 24 h/h.



KUVA 1. Hotellihuoneiden käyttöaika

Rakennuksen massiivisuus ja muoto vaikuttavat lämmön varastoitumiseen, joka vaikuttaa taas jäähdytystarpeeseen. Raskas rakenne varaa enemmän lämpöä, joten yöaikaan varattu ”lämpö” vähentää jäähdytystarvetta. Rakennuksen päämateriaalina oli betoni, joten lämpöä sitoutui rakenteisiin paljon.

Maanpinta vaikuttaa myös rakennuksen jäähdytystarpeeseen. Viheralueet sitovat kosteutta ja asfaltti varastoi auringon lämpöenergiaa. Rakennusta ympäröi asfalttipihamaa.

Rakennuksen vuotoilmalla ei ole juuri lainkaan vaikutusta jäähdytystarpeeseen. Ulkolämpötilan ja huonelämpötilan välinen lämpötilaero oli pieni, ja rakennukseen ei oteta suoraan ulkoilmaa esimerkiksi ulkosäleikköjen kautta.

Jäähdytystarve laskettiin jokaiselle tilalle erikseen. Ensin laskettiin jäähdytystarve käsin ja verrattiin sitä IDA ICE:sta saatuun tulokseen. Laitevalinnoissa käytettiin IDA ICE:sta saatuja tuloksia. Sen jälkeen valittiin jäähdytyksen toteutustapa, johon palataan myöhemmin tässä työssä. Tuloilman osalta suunnittelun tavoitteena on täyttää lainsäädännön määräykset ja ohjeet.

## **2.1 Ilmastointi**

Tuloilman jäähdytysteho riippuu tuloilman ja huoneen lämpötilan erosta ja ilmvirran määrästä. Hotellihuoneita palveleva ilmanvaihtokone on kokoajan käynnissä. Ravintolan ilmanvaihtokone käynnistetään tuntia ennen avaamista ja sammutetaan tunti ravintolan sulkeutumisen jälkeen.

Huoneen sisäänpuhalluslämpötilana voidaan käyttää 18 °C:ta, ellei tarkempaa tietoa ole saatavilla (4, s. 22). Tässä kohteessa käytettiin sisäänpuhalluslämpötilana 17 °C. Koska kohteen jäähdytettävien tilojen ilmastointikoneissa oli jäähdytyspatterit. Rakennuksessa kanavia ei ollut eristetty (kuva 2). Eristystä ei mahduta lisäämään kanavaan, koska alakatto ja seinä ovat liian lähellä kanavia. Myös jäähdytysputkille tarvitaan jatkossa tilaa käytävillä.



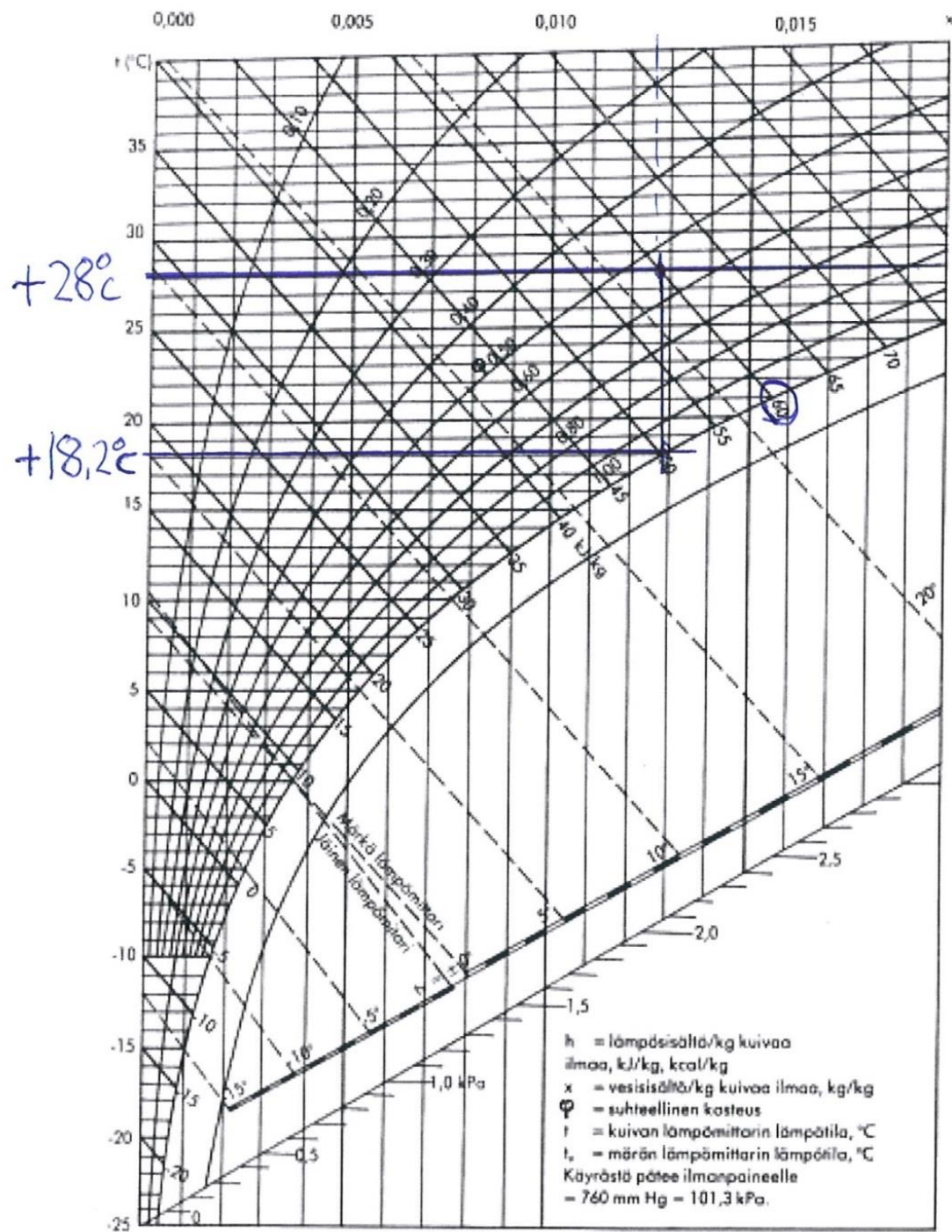
*KUVA 2. Kanavia ei ollut eristetty*

Ravintolaa palvelevien jäähdytyspattereiden tehot olivat yhteensä 70 kW, kokoustilojen 33 kW ja hotellihuoneiden 72 kW. Jäähdytystä tehtiin erisillisillä jäähdytyskompressoreilla, joiden tehot olisivat riittäneet jäähdyttämään lähtevän ilman lämpötilaan jopa 13,0 °C. Lähtevän ilman lämpötila lasketaan muuttuvan entalpian avulla, koska kosteudella on suuri vaikutus saatavaan jäähdytystehoon. Jäähdytystarve mitoituksessa hotellihuoneille käytettiin tilaajan ilmoittamaa ulkolämpötilaa, vaikka jäähdytyspatteri oli mitoitettu aikaisemmin ulkoilmalle, joka on 25 °C (55 kJ/kg).

Ilmastointikoneelta lähtevän ilman lämpötila on 16 °C. Suunnittelussa otettiin vielä huomioon, että ilman lämpötila kasvaa kanavistossa yhden asteen. Laskennassa käytettiin huoneen sisäänpuhalluslämpötilana 17 °C:ta. Tuloilma-kanavan pintaan ei pääse kondensoitumaan vettä, vaikka se on ulkoilman lämpötilan kastepistettä kylmempi. Koska jäähdytyspatteri kuivattaa ulkoilmaa, jolloin tuloilman kastepistelämpötila laskee ja hotellihuoneissa ei ole suuria koste-

uskuormia, jotka aiheuttaisivat vaaran tuloilmakanavan kondensoitumiselle. Mollier-käyrästä saadaan ilman kastepisteeksi noin 18,2 °C, kun ulkolämpötila on 28 °C (60 kJ/kg). Ilman suhteellinen kosteus on silloin 55 %. (Kuva 3.)

### Kostean ilman Mollier-käyrästä



KUVA 3. Mollier-käyrästä

Ilmavaihdon jäädytysteho lasketaan kaavalla 1.

$$\dot{Q}_{iv} = q_{vi} \cdot \Delta T \cdot \rho \cdot C_{pi}$$

KAAVA 1

$\dot{Q}_{iv}$  = ilmanvaihdon jäädytysteho (W)

$q_{vi}$  = ilmavirtaus (dm<sup>3</sup>/s)

$\Delta T$  = ilman lämpötilaero (°C)

$\rho$  = ilmantiheys (kg/m<sup>3</sup>)

$C_{pi}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti (kJ/kgK)

## 2.2 Hotellihuoneet

Huoneiden jäädytystarve lasketaan käytetään kaavaa 2.

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{hlö} + \dot{Q}_{val} + \dot{Q}_{aur} + \dot{Q}_{laitteet} - \dot{Q}_{iv}$$

KAAVA 2

$\dot{Q}_{hlö}$  = henkilön luovuttama teho (W)

$\dot{Q}_{val}$  = valaistuksen sähköteho (W)

$\dot{Q}_{aur}$  = auringon lämpökuorma (W)

$\dot{Q}_{laitteet}$  = sähkölaitteiden sähköteho (W)

$\dot{Q}_{iv}$  = ilmanvaihdon jäädytysteho (W)

### 2.2.1 Henkilöiden aiheuttama lämpökuorma

Henkilön lämmönluovutus riippuu henkilön koosta, toiminta-asteesta ja ympäristön lämpötilasta. Henkilön luovuttama kuivateho on 85 W. Ihminen tuottaa hengityksellään kosteutta noin 60 g/h, joten ilmaan sidottu kosteuden tuoma lämmönluovutus on 40 W/m<sup>2</sup>. Henkilöiden aiheuttama lämpökuorma, joka sisältää kosteuteen sisältyvän lämmön on yhteensä 125 W/hlö (4, s. 29). Henkilön aktiiviteetiksi valittiin 1,20, joka vastaa 125 W/hlö (1, s. 15).

### 2.2.2 Valaistuksen aiheuttama lämpökuorma

Valaistuksen sähköteho muuttuu kokonaan lämmöksi. Valaisinteho riippuu valaistuksen tavoitteesta. Määräykset ja ohjeet kertoivat majoitusliikerakennuksen valaistustehoksi  $14 \text{ W/m}^2$ , jota voidaan käyttää jos ei ole tarkempaa tietoa ole saatavilla (5, s. 19).

Huoneiden kattovalaisimet olivat kylpyhuoneessa, eteisessä ja oleskeluhuoneessa. Yhden kattovalaisimen tehona käytettiin laskelmissa 60 W:a. Huoneissa oli lisäksi käsivalaisin, jonka tehona käytettiin 30 W:a. Kahden ja kolmen hengen huoneessa oli kaksi käsivalaisinta ja yhden hengen huoneessa oli yksi käsivalaisin. Huoneissa 316, 416, 516 ja 616 ei ollut lainkaan omaa eteistä. Huoneissa 316 ja 516 ei ollut omaa kylpyhuonetta. Valaistuskuormat olivat seuraavat:

- |  |        |
|--|--------|
| - yhden hengen huoneet                           | 210 W  |
| - kahden hengen huoneet ja kolmen hengen huoneet | 240 W  |
| - huoneet 316 ja 516                             | 90 W   |
| - huoneet 416 ja 616                             | 150 W. |

### 2.2.3 Laitteiden aiheuttama lämpökuorma

Laitteiden aiheuttama lämpökuorma lasketaan laitteiden sähkötehosta. Hotelli-huoneen varustukseen kuuluivat televisio, minibaari ja radio. Laitteiden sähköteho käytettiin seuraavia:

- |             |       |
|-------------|-------|
| - televisio | 85 W  |
| - minibaari | 75 W  |
| - radio     | 25 W. |

IDA ICE:hen mallinnetaan henkilöiden, laiteiden ja valaistuksen lämpökuormat (kuva 4).

<input type="radio"/> Pinnat	<input type="radio"/> Ikkunat	<input type="radio"/> Aukot	<input type="radio"/> Ilmanvaihtokoneet	<input type="radio"/> Vuotoreitit	<input type="radio"/> Huonelaitteet	<input checked="" type="radio"/> Kuormat
Nimi	Type	Kappale määrä	Teho	Aktiviteet titaso	Ohjaus	Aikataulu
Henkilö 1	Henkilö	2		1.2		© Aina paikalla
Laite 1	Laite	1	185			Cumulus (0,3)
Valaistus	Valaistus	4	60		Käyttöaikata...	Cumulus (0,3)

KUVA 4. Kolmen hengen huoneeseen syntyvä lämpökuorma

## 2.2.4 Auringon aiheuttama lämpökuorma

Auringon säteily vaikuttaa jäähdytystarpeeseen olennaisesti. Rakennuksessa jossa on suuria ikkunoita, syntyy suuri jäähdytystehontarve. Suurimmat auringon aiheuttamat tehot esiintyvät eri ilmansuunnille eri aikoihin. Esimerkiksi pohjoisessa auringon säteilyteho on suurin heinäkuussa, kun taas etelässä syyskuussa. Syyskuussa illat ovat viileitä, joten syyskuu ei ole mitoitus kuukautena. Mitoituskuukaudeksi valittiin heinäkuu. Lasien suuntaus ja pinnat vaikuttavat auringon läpäisyyn. Auringon säteilyn maksimiarvot ikkunoiden läpi mitoituskuukautena Kuopion leveyspiirillä ovat pohjoisesta 35 W/m<sup>2</sup>, idästä 500 W/m<sup>2</sup>, etelästä 483 W/m<sup>2</sup> ja lännestä 500 W/m<sup>2</sup> (6, s. 53).

Auringon säteilytehoa voidaan pienentää verhoilla, sälekaihtimilla, markiiseilla ja lipoilla. Ulkopuoliset suojausmenetelmät ovat tehokkaampia kuin sisäiset suojausmenetelmät.

Auringon aiheuttama lämpökuorma lasketaan kaavalla 3 (4, s.30).

$$\dot{Q}_{\text{aurinko}} = P_{\text{säteily}} * A_{\text{ikk}} * F_{\text{läpäisy}} * g \quad \text{KAAVA 3}$$

$P_{\text{säteily}}$  = auringon säteilyteho (W/m<sup>2</sup>)

$A_{\text{ikk}}$  = ikkuna-aukon pinta-ala (kehys ja karmi-rakenteineen) (m<sup>2</sup>)

$F_{\text{läpäisy}}$  = säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin (W)

$g$  = ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteily läpäisykerroin (W)



Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskertoimen lasketaan kaavalla 4 (4, s.31).

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} * F_{\text{verho}} * F_{\text{varjostus}}$$

KAAVA 4

$F_{\text{kehä}}$  = kehäkerroin

$F_{\text{verho}}$  = verhokerroin

$F_{\text{varjostus}}$  = varjostuksen korjauskerroin

Varjostusten korjauskerroin lasketaan kaavalla 5 (4, s.31).

$$F_{\text{varjostus}} = F_{\text{ympäristö}} * F_{\text{ylävarjostus}} * F_{\text{sivuvarjostus}}$$

KAAVA 5

$F_{\text{ympäristö}}$  = ympäristön horisontaalinen varjostusten korjauskerroin

$F_{\text{ylävarjostus}}$  = ikkunan yläpuolisten varjostusten korjauskerroin

$F_{\text{sivuvarjostus}}$  = ikkunan sivuilla olevien rakenteiden varjostusten korjauskerroin

Ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin on 0,75, kun rakennuksessa on kaksinkertainen lasitus (4, s. 31). Hotellihuoneissa oli tummat verhot, joten verhokertoimeksi tulee 0,75 (4, s. 32). Kehäkerroin on valoaukon pinta-ala ja ikkuna-aukon pinta-alan suhde. Ikkunan kehäkertoimet laskettiin taulukkoon 2.

TAULUKKO 2. Ikkunan kehäkertoimet

Aukko		Lasi		
Leveys (mm)	Korkeus (mm)	Leveys (mm)	Korkeus (mm)	F <sub>kehä</sub>
2600	1340	2180	1280	0,80
2400	1340	2080	1280	0,83
1800	1420	1470	1360	0,78
1200	1700	1140	1640	0,92
1400	1340	1100	1280	0,75
1200	500	1140	440	0,84
1500	2400	1300	2200	0,79

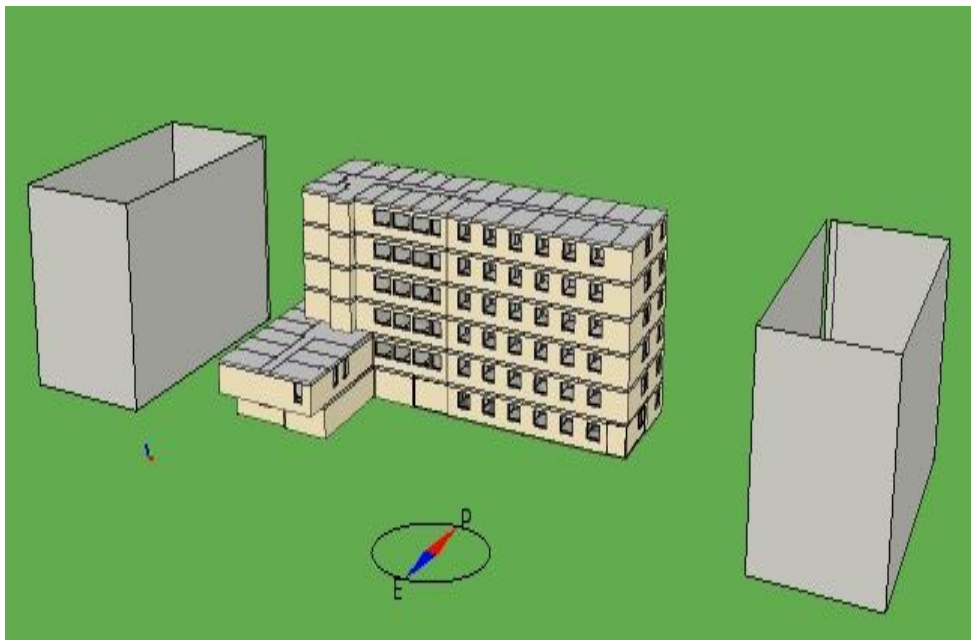
Ympäristön varjostuskorjauskerroin oli itä- ja länsisuuntaan. Rakennuksen itäpuolella oli seitsemänkerroksinen rakennus ja länsipuolella kuusikerroksinen rakennus. Idänpuoleiseen rakennukseen oli matkaa 20 metriä ja lännen puolei-

seen 12 metriä. Taulukkoon 3 laskettiin ympäristön aiheuttama varjostuskertoimet itä- ja länsisuuntaan (4, s.31).

*TAULUKKO 3. Varjostus korjauskerroin*

Länsi			Itä		
Kerros	Kulma	Fvarjostus	Kerros	Kulma	Fvarjostus
1	-	-	1	39	0,61
2	43	0,58	2	34	0,65
3	34	0,66	3	28	0,71
4	24	0,76	4	21	0,77
5	11	1,00	5	14	1,00
6	0	1,00	6	0	1,00

Hotelli ja sen viereiset rakennukset on esitetty kuvassa 5. Ylä- ja sivuvarjostusta ei ollut hotellihuoneiden ikkunoille.



*KUVA 5. Rakennusten sijoittuminen*

### 2.2.5 Tulosten vertailu

Lasketaan lämpökuorma kolmen hengen huoneeseen 313 ja verrataan sitä IDA ICE:stä saatuun tulokseen (liite1). Määräysten ja ohjeiden mukaisesti majoitusrakennuksen tuloilman tarve on  $10 \text{ (dm}^3\text{/s)/hlö}$  tai  $1 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$  (2, s. 23).

Tuloksesta huomataan kuinka muun muassa rakennuksen massiivisuus vaikuttaa tulokseen.

Ilmavaihdon jäähdytysteho lasketaan kaavalla 1.

$$\dot{Q}_{iv} = 30 \text{ dm}^3\text{/s} * (24 - 17) \text{ °C} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1,0 \text{ kJ/kgK} = 252 \text{ W}$$

Varjostusten korjauskerroin lasketaan kaavalla 5 (4, s. 31).

$$F_{varjostus} = 0,66 * 1,00 * 1,00 = 0,66$$

Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskertoimen lasketaan kaavalla 4 (4, s. 31).

$$F_{läpäisy} = 0,80 * 0,75 * 0,66 = 0,40$$

Auringon aiheuttama lämpökuorma lasketaan kaavalla 3 (4, s. 30).

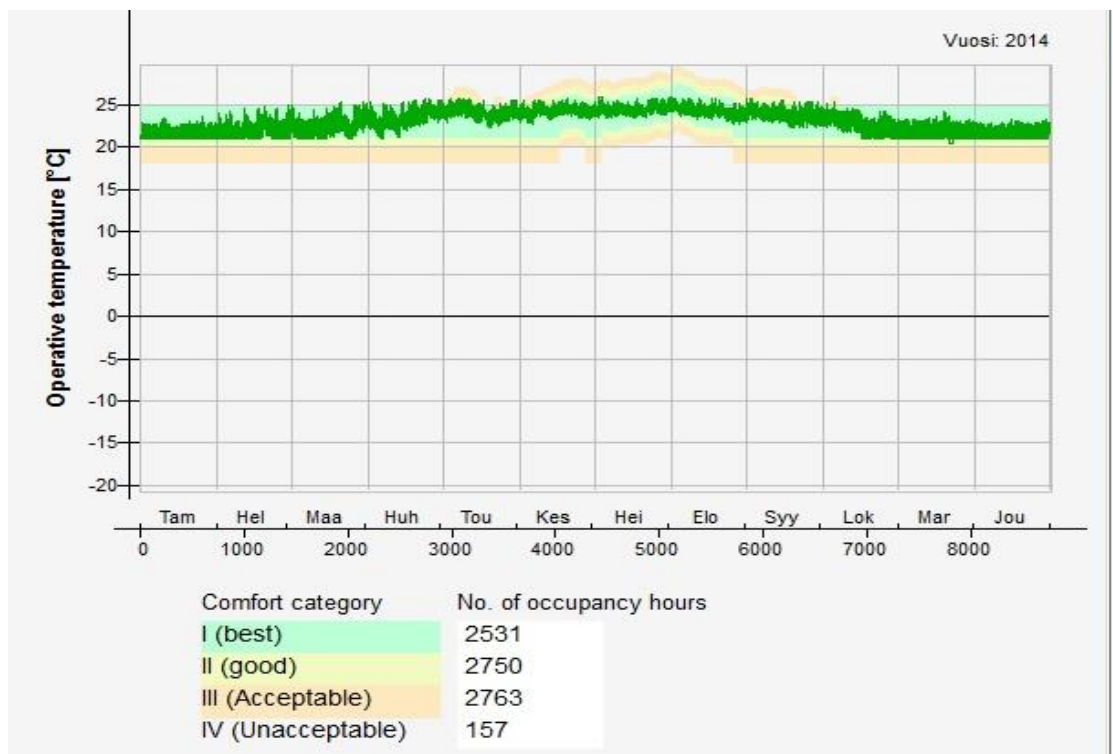
$$\dot{Q}_{aurinko} = 500 \text{ W/m}^2 * 3,484 \text{ m}^2 * 0,4 * 0,9 * 0,75 = 470 \text{ W}$$

Huoneen jäähdytystarve lasketaan kaavalla 2.

$$\dot{Q} = 375 \text{ W} + 240 \text{ W} + 470 \text{ W} + 185 \text{ W} - 252 \text{ W} = 1\,018 \text{ W}$$

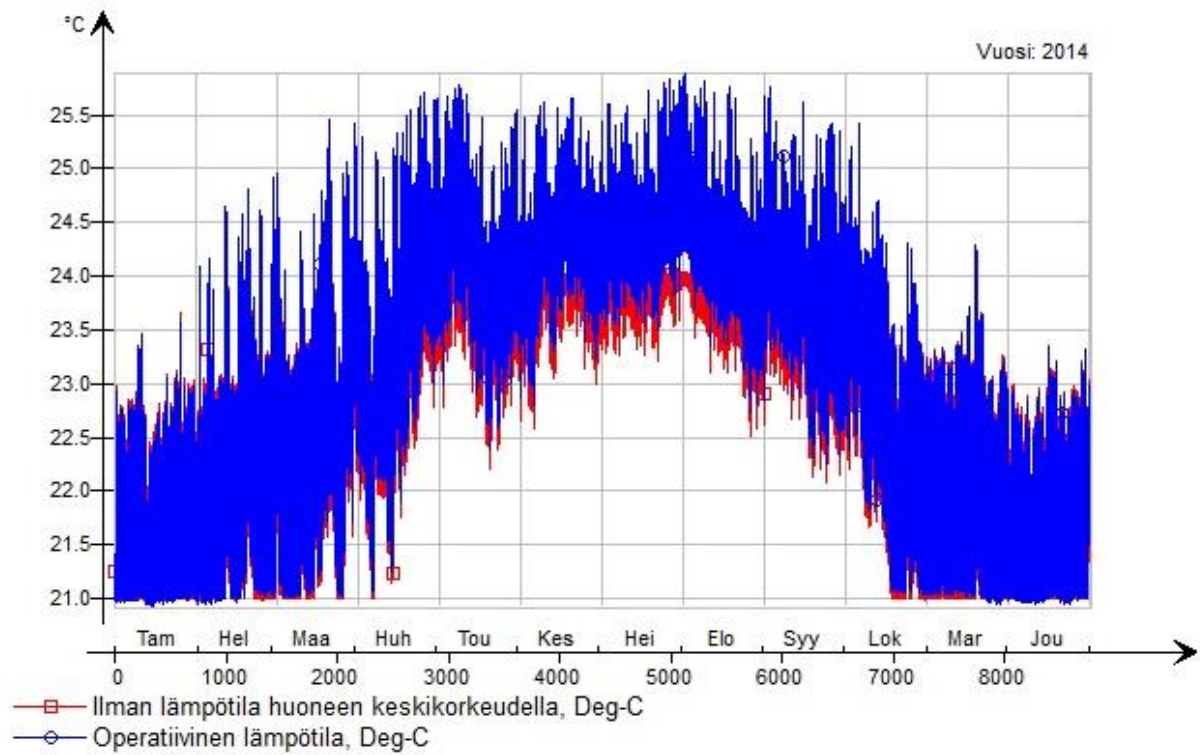
IDA ICE:llä saatiin jäähdytystehontarpeeksi  $1\,145 \text{ W}$ , joten käsin laskentaan eroa oli  $126 \text{ W}$ .

Jäähdytystehontarve oli hotellihuoneille yhteensä  $142 \text{ kW}$ . Huoneiden suurin jäähdytystehontarve oli  $1\,512 \text{ W}$  ja pienin tehontarve oli  $605 \text{ W}$ . (Liite 1) Kuvassa 6 on esitetty IDA-ICE:stä saatu lämpötilaviihtyvyys hotellihuoneissa.



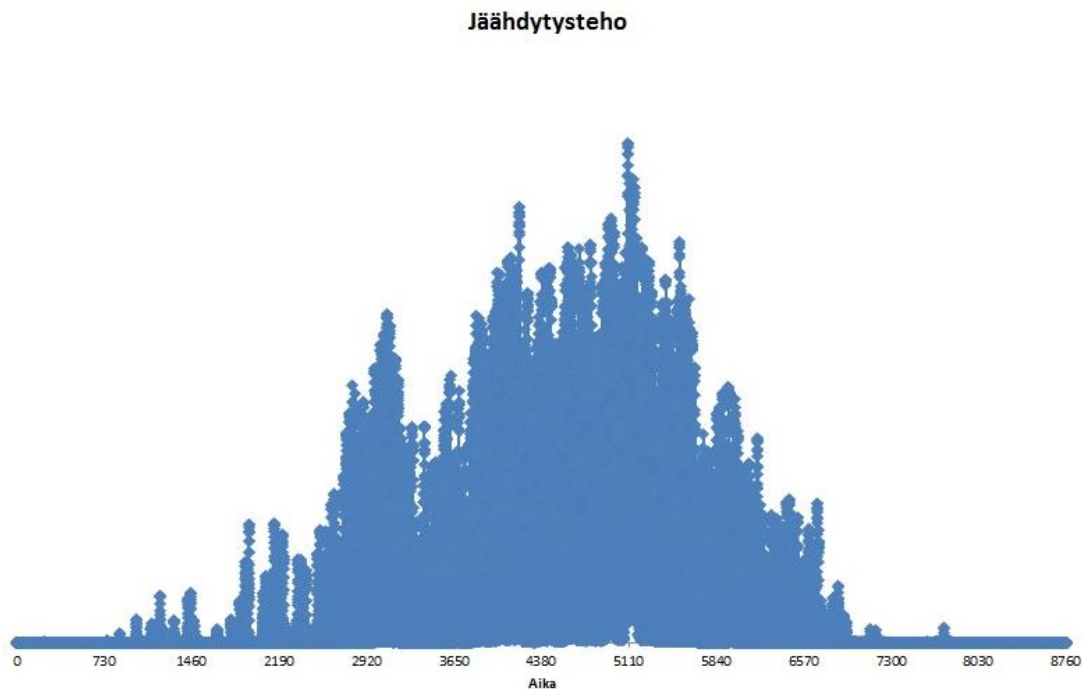
KUVA 6. Lämpötilaviihtyvyys standardin 15251 muka

Kuvassa 7 on esitetty IDA ICE:stä saatu hotellihuoneen 522 sisälämpötila eriaikoina.



KUVA 7. Hotellihuoneen sisälämpötila

Kuvasta 8 nähdään IDA ICE:stä saadut jäähdytystehontarpeet eriaikoina hotel-lihuoneille.



*KUVA 8. Jäähdytystehontarve*

## 2.3 Kokoustilat

Kokoustila Assari sijaitsee ravintolan yhteydessä ja Tuomari sijaitsee ensimmäisessä kerroksessa. Loput kokoustiloista sijaitsevat kellarikerroksessa. Kellarikerroksessa oleviin kokoustiloihin ei tule auringon aiheuttamaa lämpökuormaa. Assariin ja Tuomariin tuleva auringon lämpökuorma on huomioitu ravintolan lämpöhäviölaskelmissa, koska ensimmäisessä rakennusvaiheessa laitetaan vasta jäähdytys ja varaukset ravintolalle ja kokoustiloille.

Määräysten ja ohjeiden mukaisesti kokoushuoneiden tuloilman tarve on 4 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup> tai 8 (dm<sup>3</sup>/s)/hlö (2, s. 23). Määräyksen perusteella kokoustila Sihteerissä mitoittavana tekijänä oli tilan pinta-ala, muissa kokoustiloissa ilmavirran mitoittavana tekijänä on henkilömäärä. Kokoustilojen suunnittelulämpötilana käytettiin jäähdytyksessä 25 °C (1, s. 9). Ilmanvaihdon jäähdytysteho kokoustiloille lasketaan kaavalla 1:

$$\dot{Q}_{iv} = 1\,516 \text{ dm}^3/\text{s} * (25 - 17) \text{ °C} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1,0 \text{ kJ/kgK} = 14\,554 \text{ W}.$$

Laiteiden sähkötehona käytettiin seuraavia:

- televisio 130 W
- tietokone 100 W
- videotykki 300 W
- blueraysoitin 50 W
- piirtoheitin 250 W.

Määräykset kertoivat liikerakennuksen valaistustehoksi 19 W/m<sup>2</sup>, joten käytettiin sitä, koska tarkempaa tietoa ei ollut saatavilla (5, s.19).

Taulukoon 4 laskettiin kokoustilojen lämpökuorma ja ilmanvaihdon jäähdytysteho. Jäähdytystarve kokoustiloille lasketaan kaavalla 2:

$$\dot{Q} = 22\,750 \text{ W} + 6\,395 \text{ W} + 4\,150 \text{ W} - 14\,554 \text{ W} = 18\,741 \text{ W}.$$

*TAULUKKO 4. Kokoustilojen jäähdytystarve*

Kokoustila	Tila (m <sup>2</sup> )	Hlömäärä	Hlö teho (W)	Valaistusteho (W)	Laitetehto (W)	lvteho (W)
Assari	80	50	6250	1520	830	3840
Edustaja	100	50	6250	1900	830	3840
Sihteeri	95	40	5000	1805	830	3648
Tuomari	25	22	2750	475	830	1690
Sauna Kabinetti	35	20	2500	665	830	1536
Yhteensä	335	182	22750	6365	4150	14554

Kokoustilojen jäähdytystehontarpeeksi saatiin IDA ICE:llä 20 701 W, jota käytettiin laitevalinnassa. (liite 1).

## **2.4 Vastaanottotila**

Vastaanottotiloissa on maksimissaan töissä 5 henkilöä. Vastaanottotilan suunnittelulämpötilana käytettiin jäähdytyksessä 25 °C (1, s. 9).

Laitteiden sähkötehona käytettiin seuraavia:

- tietokoneet 300 W
- kassat 100 W
- kylmälaitteet 150 W.

Määräysten ja ohjeiden mukaisesti tuloilman tarve aulalle on  $2 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$ .

Rakennuksen ikkunat ja lasiovet sijoituivat eteläpuolelle. Lasipinnat olivat suuria, mutta niitä varjosti yläpuolella oleva lippa, jonka pituus oli 3,5 metriä. Länsipuolelta rakennuksen oma seinä peitti auringon säteilylämmön pääsyn ikkunasta sisään. Lipan varjostuskertoimeksi tulee 0,66, kun varjostuskulma oli 73 astetta (4, s. 33). Vastaanottotilan jäähdytystehontarve oli yhteensä 4 360 W (liite 1).

## **2.5 Ravintola**

Ravintolassa on yhteensä 150 asiakaspaikkaa. Henkilökunnan aiheuttama lämpökuorma huomioitiin asiakaspaikkoina.

Pohjoiseen oli yhteensä kymmenen ikkunaa. Länteen oli kahdeksan ikkunaa ja kaksi lasiovea (kuva 9). Ikkunoissa oli kaksi lasia ja yläpuolella oli markiisi. Markiisin varjostuskertoimeksi tulee 0,90, kun varjostuskulma on 30 astetta (4, s. 33). Ikkunoissa oli lisäksi sälekaihtimet, joten läpäisykerroin oli 0,30 (4, s. 32). Pohjoiseen päin oleviin ikkunoihin markiisin varjostuskerroin oli 0,99 (4, s. 33). Kuvassa 9 tummana alueena näkyy ravintola.





*KUVA 9. Ravintola*

Tuloilmavirta ravintolaan oli  $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ravintolan suunnittelulämpötilana käytettiin jäähdytyksessä  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  (1, s. 9). Tuloilman jäähdytystehoksi lasketaan kaavalla 1:

$$\dot{Q}_{iv} = 2800 \text{ dm}^3/\text{s} * (25 - 17) \text{ }^\circ\text{C} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1,0 \text{ kJ/kgK} = 26880 \text{ W}.$$

Määräykset kertoivat liikerakennuksen valaistustehoksi  $19 \text{ W/m}^2$ , joten käytettiin sitä, koska ei ollut tarkempaa tietoa saatavilla (5, s.19).

Keittiölaitteiden lämpökuormaksi otettiin laitteiden kosteuskuorman aiheuttama jäähdytysteho (8, s.3). Laitteiden sähkötehot otettiin vastaavien laitteiden sähkötehoista. Taulukkoon 5 laskettiin keittiölaitteiden aiheuttama lämpökuorma.

*TAULUKKO 5. Keittiönlaitteiden aiheuttama lämpökuorma*

Keittiö	Laite	Laite sähköteho (kW)	Lämpökuorma (W/kW)	Lämpökuorma (W)
1	Pakasteallas	1,5	700	1050
2	Kylmävetokaappi	6,0	700	4200
3	Kiertoilmauuni	10,0	220	2200
4	Lämpökaappi	2,0	350	700
5	Liesi	17,0	280	4760
6	Parila	9,0	730	6570
7	Salamanteri	6,0	875	5250
8	Rasvakeitin	16,0	600	9600
10	Jääkaappi	0,5	700	350
11	Yhdistelmäuuni	20,0	280	5600
12	Astianpesukone	20,0	440	8800
13	Tarjoilulinjasto lämmin	3,0	325	975
14	Tarjoilulinjasto kylmä	2,0	325	650
15	Kylmiö	6,0	700	4200
16	Jääpalakone	0,5	700	350
17	Kylmäkaappi	0,5	700	350
18	Kahvinkeitin	5,0	175	875
Yhteensä	Yhteensä	125,0		56480

Ravintolan jäähdytystehontarpeeksi saatiin IDA ICE:llä 61 006 W (liite 1). Voidaan kuitenkin olettaa, että ravintolalaitteet eivät ole yhtä aikaa päällä. Ravintolalaitteiden yhtäaikaaisuudeksi arvioidaan 0,90 jolloin jäähdytystehontarve on 54 905 W.

### 3 SUORA JA VÄLILLINEN JÄÄHDYTYS

Koneellinen jäähdytys voidaan jakaa kahteen ryhmään, suoraan ja välilliseen järjestelmään. Keskitetyllä jäähdytyksellä voidaan jäähdyttää koko rakennusta tai rakennuksen eriosia. Esimerkki keskitetystä jäähdytysjärjestelmästä on tuloilmapuolelle asennettu suora höyrystyspatteri, jolla jäähdytetään tuloilmaa. (5. s. 211.)

#### 3.1 Suora jäähdytysjärjestelmä

Suorassa jäähdytysjärjestelmässä kylmäaine on suorassa kosketuksessa jäähdytysjärjestelmän kanssa. Lämpö siirtyy nesteeseen yleensä konvektion välityksellä. Suoraa jäähdytystä käytetään, kun halutaan edullinen järjestelmä ja tehon tarve on pieni. Suoralla jäähdytyksellä saavutetaan yleensä parempi hyötysuhde kuin välillisellä jäähdytyksellä, koska mm. höyrystymislämpötila on usein korkeampi. Järjestelmälle ei voida asettaa suuria vaatimuksia säädönsalalta. Jäähdytysputkisto saa olla maksimissaan 30 metriä pitkä. Öljyn palautuksesta on huolehdittava joko tekemällä öljymutkia tai asentamalla putket vietoille kompressorin päin. (8, s. 211.) Tällä kertaa ei päädytty suoraan jäähdytysjärjestelmään edes ravintolan osalta.

#### 3.2 Välillinen jäähdytysjärjestelmä

Välillisessä jäähdytysjärjestelmässä kylmäaine ei ole kosketuksessa jäähdytysjärjestelmän kanssa, vaan lämpö johtuu esimerkiksi lämmönsiirtimen välityksellä veteen. Nestettä käytetään lämmön siirtämiseen, koska nesteet johtavat lämpöä yleensä paremmin kuin kaasut. Nestejäähdytykseen liittyviä ongelmia ovat vuodot, korroosio ja kondensoituminen.

Yleisesti kiertävänä aineena nestejäähdyttimelle on vesi-etyyliglykoliseos, jonka tulee olla tehtaalla valmiiksi sekoitettua. Vesi-etyyliglykoliseoksen vahvuus riippuu siitä, onko olemassa jäätymisen vaaraa.

Välillistä jäähdytystä käytetään, kun halutaan tarkka säätö eli mahdollisuus huonekohtaiseen säätämiseen. Välillisen jäähdytysjärjestelmän etuja ovat pieni kylmäainetäyttö ja mahdollisuus pitkiin putkilinjoihin. Näin voidaan varautua tulevaisuudessa laajennuksiin. (8. s. 211–212.)

### **3.3 Vapaajäähdytys**

Vapaajäähdytyksessä jäähdytys tapahtuu kylmällä ulkoilmalla, joten se ei kuormita ympäristöä. Vapaajäähdytyksestä saadaan pienennettyä energiankulutusta huomattavasti. Energiankulutus laskee koko vuoden ajalta, ja niinpä sillä saadaan parhaimmillaan jopa 75 %:n säästö verrattuna perinteisiin ratkaisuihin. (9. s. 2.) Vapaajäähdytys voidaan toteuttaa myös osatehovapaajäähdytyksellä. Osateho tulee käyttöön, kun jäähdytystehontarve on pieni.

## 4 JÄÄHDYTYSLAITTEET

Rakennuksen tarvitsema jäähdytystarve ei ole yleensä sama kuin jäähdytystarpeiden summa. Jäähdytystarpeessa otetaan huomioon rakennuksen jäähdytystarpeen samanaikaisuus. Jäähdytyslaitteet löytyvät kytkentäkaaviosta (liite 2).

### 4.1 Vedenjäähdytin

Vedenjäähdytyskoneissa käytetään scroll-, mäntä-, ruuvi- ja turbokompressoreita. Kompressorit voivat olla hermeettisiä tai puolihhermeettisiä. Hermeettiset kompressorit eivät ole huoltovapaita.

Vedenjäähdytyskoneen jäähdytystehoa ohjataan meno- ja tuloveden lämpötilan mukaan. Vedenjäähdyttimessä kylmäaine höyrystyy, joka sitoo veden lämpöenergiaa ja veden lämpötila laskee. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon varolaitteiden toiminta ja se, ettei höyrystin pääsee jäätymään missään olosuhteissa. Turhat kompressorien käynnistykset on vältettävä. Höyrystimen tulistuksen on riitettävä myös osateholla, jolloin paluuv veden lämpötila on matalampi. Tärkeintä on huolehtia, että saadaan aikaiseksi suunnitellut nestevirrat.

Vedenjäähdyttimen ohjaus tapahtuu portaittain. Vedenjäähdytin pysähtyy, kun vapaajäähdytys riittää kattamaan jäähdytystarpeen. Kylmävesi varastoidaan tasaussäiliöön. Kun tasaajasäiliön lämpötila kohoaa, vedenjäähdytin käynnistyy.

Vedenjäähdyttimen tehoksi muodostui 222 060 W, joka tuliseuraavista:

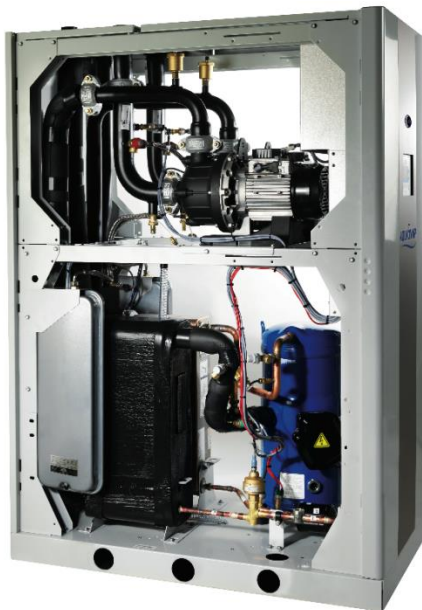
- hotellihuoneet	142 094 W
- kokoustilat	20 701 W
- vastaanottotila	4 360 W
- ravintola	54 905 W.

Hotellihuoneiden, kokoustilojen ja vastaanottotilan jäähdytystarpeen samanaikaisuudeksi arvioitiin 0,9, jolloin jäähdytystarpeeksi jää jäljelle 208 044 W. Ra-

vintolasta aiemmin vähennettiin laitteiden tuomasta jäähdytystarpeesta 10 %, joten enempää siitä ei ole tarvetta vähentää.

Vedenjäähdyttimen fyysiset mitat eivät saaneet olla kovin suuret, koska sijoituspaikaksi valittiin kellarikerroksen varastohuone. Kellarikerrokseen joudutaan menemään portaita pitkin ja ovien läpi jonka leveys on 900 mm. Tämän takia vedenjäähdytin ei voi olla yli 900 mm leveä, joten jouduttiin käytännössä valitsemaan useampi vedenjäähdytin.

Valittavana vedenjäähdyttimenä olivat Carrier 30WG sarjan vedenjäähdyttimet. Päädyttiin valitsemaan kolme kappaletta Carrier WG-080 -vedenjäähdytintä, jolloin jäähdytystehoksi tuli yhteensä 235 kW (kuva 10). Samalla varmistettiin että jäähdytysteho riittää kaikissa tilanteissa. Liitteessä 3 on vedenjäähdyttimien mitoitus.



*KUVA 10. Carrier WG-30 (10)*

Menoveden lämpötilaksi valittiin 12 °C ja paluuv veden lämpötilaksi 7 °C, jolloin veden virtaukseksi saadaan yhteensä 11,22 dm<sup>3</sup>/s. Vedenjäähdyttimen vesi-puolen painehäviöksi muodostui 11,6 kPa. Vesi-etyleeniglykolin menopuolen lämpötilaksi valittiin 36 °C ja paluupuolen 42 °C, jolloin veden virtaukseksi saa-

daan yhteensä 12,81 dm<sup>3</sup>/s. Vedenjäähdyttimen vesi-etyleeniglykolipuolen painehäviöksi muodostui 31,8 kPa. (Liite 3)

Kolmen vedenjäähdyttimen hankinta tarkoittaa, että vedenjäähdyttimet käynnistyvät vuorotellen aina jäähdytystarpeen mukaisesti. Vuorottelukäynnistys mahdollistaa, että huolto- ja vikatilanteessa on aina kaksi vedenjäähdytintä toiminnassa.

## **4.2 Nestejäähdytin**

Yleensä vain kesällä toimivat koneistot suunnitellaan ilmalauhdutteiseksi. Ilmalauhdutteista koneistoa suunniteltaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota lauhdutuspaineeseen. Lauhdutusaine vaikuttaa paisuntaventtiiliin, joka vaikuttaa taas kompressorin käynnistykseen.

Vesilauhdutteisia koneita käytetään, kun lähellä on saatavilla vettä. Huomioitava asioita ovat veden epäpuhtaus ja veden lämpötilan muuttuminen vuodenaikojen mukaisesti.

Nestejäähdyttimen mitoitusvirtaamana käytetään vedenjäähdyttimen virtausta ja lämpötiloja. Nestejäähdyttimelle menevän vesi-etyleeniglykolin virtaus oli 12,81dm<sup>3</sup>/s, menopuolen lämpötila oli 42 °C ja paluupuolen 36 °C. Nestejäähdytin lähtee päälle, kun ulkolämpötila nousee ja vapaajäähdytyksen teho ei enää riitä. Nestejäähdyttimiksi valittiin Alfa Laval BDD6 (kuva 11). Liitteessä 4 on nestejäähdyttimen mitoitus.



KUVA 11. Alfa Laval BDD6 (11)

Rakennusta palvelevien LVIS-laitteiden aiheuttama keskiäänitaso saa olla enintään 45 dB läheisen rakennuksen ikkunan ulkopuolella (12, s. 7). Nestejäähdyttimeen ilmoitettu äänenvoimakkuus oli 15 metrin päässä 44 dB. Nestejäähdyttimeen sijoitettiin kolmannen kerroksen katolle. Koska viereisen rakennuksen lähimpään ikkunaan oli matkaa 14 metriä, jouduttiin laskemaan äänenvoimakkuus ikkunan taakse (kaava 6).

$$L_2 = L_1 + 20 \log (r_1 / r_2)$$

KAAVA 6

$L_2$  = äänenvoimakkuus 14 m päässä (dB)

$L_1$  = äänenvoimakkuus 15 m päässä (dB)

$lg$  = äänenvoimakkuus (dB)

$r_2$  = etäisyys nestejäähdyttimestä (m)

$r_1$  = etäisyys nestejäähdyttimestä (m)

$$L_2 = 44 \text{ dB} + 20 \lg (15 \text{ m} / 14 \text{ m}) = 44,6 \text{ dB}$$

Äänenvoimakkuus oli alle 45 dB, joten katolle ei tarvitse rakentaa meluseinää. Tarvittaessa meluseinän rakentaminen olisi tullut halvemmaksi kuin nestejäähdyttimeen puhaltimien suurentaminen.



### 4.3 Lämmönsiirrin

Vapaajäähdytyksen lämmönsiirtimessä jäähdytetään vesi-etyleeniglykolivedellä jäähdytysverkoston vettä. Lämmönsiirtimet ovat malliltaan levylämmönsiirtimiä. Siirtimeen menevän veden lämpötilaa säädetään yleensä 3-tieventtiilillä. Tässä kohteessa läppäventtiilillä ohjataan virtausta lämmönsiirtimelle.

Lämmönsiirtimen teho lasketaan kaavalla 7.

$$\dot{Q}_{\text{lämmönsiirrin}} = q_v \cdot \Delta T \cdot \rho \cdot C_{pv} \quad \text{KAAVA 7}$$

$q_v$  = vedenvirtaus (dm<sup>3</sup>/s)

$\Delta T$  = ilman lämpötilaero (°C)

$\rho$  = vedentiheys (kg/m<sup>3</sup>)

$C_{pi}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti (kJ/kgK)

$$\dot{Q}_{\text{lämmönsiirrin}} = 11,22 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot (12 - 7) \text{ °C} \cdot 999,7 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,192 \text{ kJ/kgK} = 235 \text{ 101 W.}$$

Oletettiin että asteisuus on 1 °C, jolloin paluulämpötila voidaan laskea kaavaa 7 muokkaamalla.

$$\Delta T = \frac{235 \text{ 101 W}}{12,81 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}} \cdot 1049 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 3,66 \text{ kJ/kgK}} = 4,8 \text{ °C}$$

$$\Delta T = 6 \text{ °C} + 4,8 \text{ °C} = 10,8 \text{ °C.}$$

## 5 JÄÄHDYTYSYKSIKÖT JA PUTKISTOT

Paikalliset jäähdytyslaitteet on asennettava yleensä jäähdytettävään tilaan. Toiminta perustuu kierrätysilman jäähdyttämiseen. Toisiin laitteisiin voidaan liittää myös korvausilma. Paikallisia suora- ja epäsuora jäähdytyslaitteita ovat ikkunakoneet, siirrettävät jäähdytyskoneet, split-jäähdytyslaitteet, vesilauhdutteiset konsolikoneet ja kaappikoneet. Paikallisia välillisiä jäähdytyslaitteita ovat puhallinkonvektorit, jäähdytyspalkit, kaappikoneet ja vakioilmastointikoneet. (8, s. 211.)

### 5.1 Ilmastointipalkit

Ilmastointipalkkeja on saatavana passiivi- ja aktiivipalkkeina. Passiivipalkkien jäähdytys tapahtuu konventiona ja säteilynä. Aktiivipalkkeihin voi lisäksi yhdistää tuloilman. Ilmastointipalkissa kiertää kylmä vesi josta saadaan jäähdytysteho huoneeseen. Ilmastointipalkin menoveden ja huoneen ilman lämpötilaeron tulee olla 8 - 12 °C. Menoveden lämpötilaksi valitaan yleensä 14 °C tai 15 °C. Virtausnopeus täytyy mitoittaa tarpeeksi suureksi, jotta ei synny laminaarista virtausta. (8, s. 49–55.)

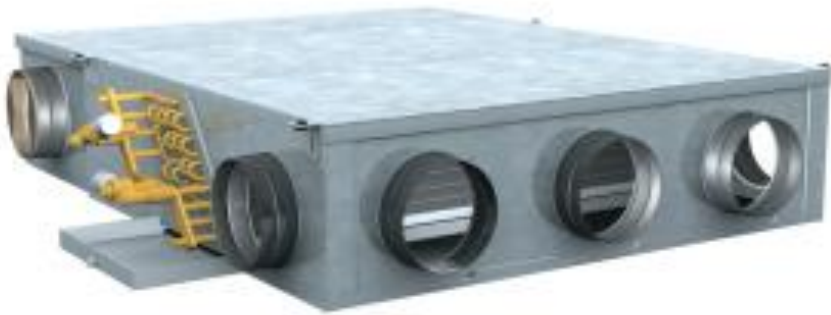
Ilmastointipalkille ei tarvitse rakentaa erillistä alakattoa ja se ei vaadi paljoa tilaa. Mikäli halutaan suurempi jäähdytysteho, voidaan asentaa useampi ilmastointipalkki huoneeseen. Ilmastointipalkit soveltuvat tiloihin, joissa tehontarve on suuri ja joissa ei tarvita suurta ilmavirtaa. (8, s. 49–53.)

### 5.2 Puhallinkonvektori

Puhallinkonvektorit soveltuvat tiloihin, joissa ei tarvita suuria ilmavirtoja. Osaan puhallinkonvektoreista voidaan liittää myös tuloilma. Puhallinkonvektori tarvitsee aina korvausilman toimiakseen. Korvausilma menee jäähdytys lamellipatterin läpi ja samalla ilma jäähtyy patterissa. Puhallinkonvektorin lamellipatterissa kiertää kylmä vesi, josta jäähdytysteho otetaan huoneeseen. Puhallinkonvektori joudutaan viemäroimään, koska jäähdytyksen yhteydessä kondensoituu vettä.

Kondensoitumisen johdosta puhallinkonvektoria ei voi sijoittaa paikkaan, jossa kosteuskuorma on suuri. (8, s. 55–60)

Puhallinkonvektorilla saadaan nopeasti haluttu lämpötila, mikä oli tilaajan toive. Tehoa voidaan tarvittaessa lisätä, koska puhallinkonvektori mitoitettiin keskimäisellä pyörimisnopeudella. Kuvassa 12 on valittu puhallinkonvektori. (8, s. 55–60.)



*KUVA 12. Carrier 42EM -kanavoitava puhallinkonvektori (13)*

Puhallinkonvektorin säätö voidaan liittää valvontakeskukseen tai säätö voi olla paikallinen. Tässä kohteessa päädyttiin huonekohtaisiin säätimiin (kuva 13). Huonesäädin säätää puhallinkonvektorin puhaltimen kierrosnopeutta, joka sää-  
tää puhallinkonvektorin vesivirtaa. Hotellihuoneen suurin sallittu äänitaso on 28 dB (2, s. 27).



*KUVA 13. Pro dual HLS 44 huonesäädin (14)*

Puhallinkonvektorin menoveden lämpötilana käytettiin 7 °C:ta ja paluuveden lämpötilana 12 °C:ta. Puhallinkonvektorien säätöventtiiliksi valittiin 2-tieventtiili. Puhallinkonvektorin tekniset tiedot löytyvät liitteessä 4.

### **5.3 Materiaalivalinnat**

Jäähdytysverkoston mitoituksessa käytettiin ruostumataontaterästä RFE aina putkikokoon DN 125 saakka. KytKentäputki oli joko DN15 tai DN20 riippuen jäähdytystehontarpeesta. Putkien mitoituskriteerinä pidettiin 50Pa/m, jolloin virtausnopeus ei kasva liian suureksi. Liian suuri virtausnopeus kuluttaa putkea ja nostaa pumppauskustannuksia.

Materiaalikustannukset tulevat olemaan edullisemmat ruostumattomalla teräksellä kuin komposiitilla, koska jäähdytysputkistoon tulee paljon liitoksia. Lisäksi komposiittia ei ole saatavilla DN125-koossa. Komposiittiputken etuna olisivat olleet, että tulitöitä ei olisi tarvinnut tehdä ja asennus olisi ollut helpompaa ja nopeampaa.

Näkyviin jäävä kondenssiveden viemärointi tehdään kromatulla kuparilla, muuten käytetään viemäroinnissä tavallista kuparia. Kaikkien messinkiosien käyttöä on vältettävä vesi-etyleeniglykoli puolella, ja myös pumpun juoksupyörän valintaan tulee kiinnittää huomiota. Juoksupyöräksi soveltuvia materiaaleja ovat esimerkiksi pronssi, komposiitti tai valurauta.

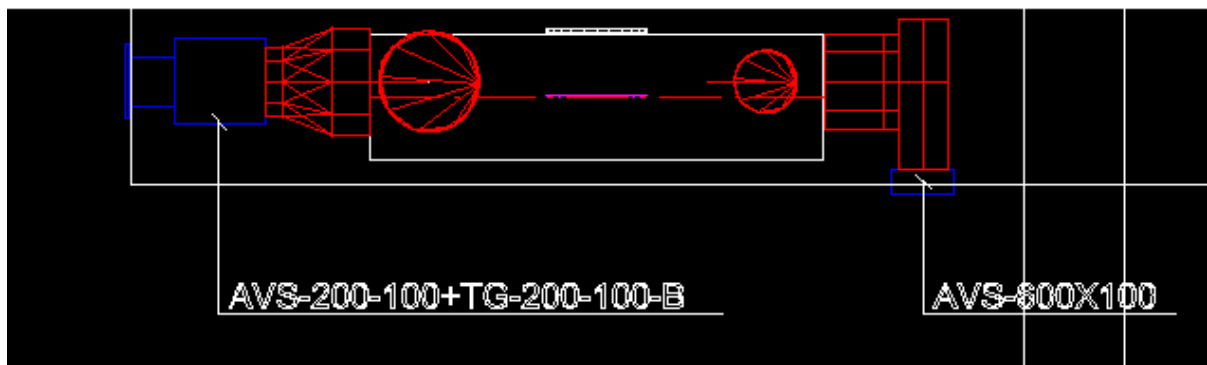
Jäähdytysputket eristetään LVI-Ryl-2002:n ja standardin SFS 3978 mukaisesti. Lisäksi puhallinkoventorin sisällä olevat jäähdytysputket eristetään 9 mm:n Armaflexillä. Putkien ja kanavien kannakointi suoritetaan LVI-korttien 12-10210 ja 12-10370 mukaisesti.

Jäähdytysputket liitetään toisiinsa puserre tai kierrelitoksia. Laitteiden väliset liitokset tehdään laippaliitoksia tai hitsaamalla. Tiivistäineissa on huomioitava, että ne sopivat vesi-etyleeniglykoliseokselle. Vedenjäähdyttimien yhteyteen liitettiin paljetasain, jotta verkosto pääsee laajenemaan hallitusti.

Kanavamateriaalina käytetään sinkittyä terästä. Poistoilmakanavat jouduttiin tekemään suorakaiteisiksi. Suorakaidekanavistossa syntyy korkeampi painehäviö kuin pyöreissä kanavissa. Suorakaidekanavan kooksi valikoitui 200x100, jotta hydraulisesta halkaisijasta tulee tarpeeksi suuri.

Poistoilmaventtiiliksi valittiin Fläktwoodsia KSO-venttiili ja korvausilmasäleiköksi valittiin Fläktwoodsia AVS -säleikkö, jossa on TG -tasauslaatikko. Lisäksi joudutaan tekemään suorakaidekanava 600x100 korvausilmasäleikölle (kuva 14).

Puhallinkonvektoreille jouduttiin lisäämään supistusosat korvausilma ja tuloilmapuolelle. Tuloilmakanava liitettiin puhallinkonvektoriin pyöreällä 125 kanavalla. Ylimääräiset kanavaliitännät puhallinkonvektorista tulpataan.



KUVA 14. Puhallinkonvektoriin säleikköjen liittäminen

#### 5.4 Putki ja kanavareitit

Jäähdytysputkille suunniteltiin mahdollisimman suorat ja lyhyet reitit. Jäähdytysputkien nousut sijoitettiin rakennuksen molemmille puolille. Näin saatiin aikaiseksi pienempi jakoputki ja tilojen jäähdytysvaraukset helposti tehtyä. Jäähdytysputkien nousujen paikat olivat varastohuone ja hissinvierusta/portaikko. Toisessa kerroksessa portaikossa jouduttiin siirtymään hissinviereen, koska muuten jäähdytysputket olisivat menneet hotellihuoneen lävitse. Jäähdytysputkille rakennetaan uudet pystykuilut. Jakojohdot sijoitettiin käytävälle, koska siitä on helppo ottaa kytKentäjohdot hotellihuoneisiin.

Putkien asennuksessa on puhallinkonvektoreiden läheisyydessä käytettävä riittävästi irrotettavia putkenosia niin, että puhallinkonvektorin puhdistaminen ja huoltaminen ovat helposti suoritettavissa. Puhallinkonvektorit haluttiin sijoittaa huoneen eteiseen, johon tulee myös uudet kattovalaisimet. Kattovalaisimeksi valittiin loisteputkivalaisin, joka mahtuu puhallinkonvektorin alapuolelle. Osaan eteisistä joudutaan rakentamaan uudet alakatot puhallinkonvektoreita varten. Puhallinkonvektorille joudutaan tekemään huoltoluukku, josta voidaan vaihtaa suodatin ja suorittaa huollot. Kuvassa 15 on hotellihuoneen eteinen, johon puhallinkonvektori sijoitetaan. Kuvassa näkyy myös poistettava tuloilmasäleikkö.



*KUVA 15. Eteiseen tulossa puhallinkonvektori*

Käytävälle sijoittuvien jäähdytysputkien takia joudutaan käytävillä tekemään kanavamuutoksia myös poistoilmapuolella. Poistoilmakanavat jouduttiin suunnittelemaan suorakaidekanavina, koska pyöreille kanaville tarvittavaa tilaa ei ollut käytettävissä käytävien alakatoissa. Toisessa kerroksessa joudutaan nostamaan hotellihuoneissa meneviä poistoilmakanavia puhallinkonvektorin tieltä. Huoneen 214 läpi menevää runkokanavaa siirrettiin varaston puolelle.

Tuloilmakanavien runkokanavat jätettiin entiselleen paitsi toisessa kerroksessa. Tuloilmanavat jouduttiin siirtämään toisessa kerroksessa porrashuoneessa jäähdytysputkien tieltä. Kanavien siirron myötä palo-osasto muuttui, ja siten jouduttiin kanavat paloeristämään ja varustamaan palopelleillä. Kaikki tuloilman kytkentäkanavat jouduttiin uusimaan, koska haluttiin kanavoitava puhallinkonvektori.

Ongelman aiheutti osassa huoneissa puhallinkonvektorin viemäröinti, joka haluttiin toteuttaa painovoimaisesti. Puhallinkonvektorin viemäröinti suunniteltiin ongelmakohdissa eteisen nurkassa laskevaksi, josta viemäri liitettiin kylpyhuo-

neen pesualtaan viemäröintirenkaaseen. Koska kylpyhuoneessa posliininen pesuallas oli lasiseen suihkuseinään asti kiinni (kuva 16). Muissa tiloissa viemäröinti suunniteltiin kylpyhuoneen puolella laskettavaksi, josta viemäri liitettiin pesualtaan viemäröintirenkaaseen. Viemäröinti on liitetty Kuopion kaupungin vesi- ja viemäriverkostoon.



*KUVA 16. Pesuallas estää viemäröinnin kylpyhuoneen puolella*



## 6 VENTTIILIIT JA VAROLAITTEET

### 6.1 Lämpäventtiili

Lämpäventtiilin tarkoitus on joko aueta tai sulkeutua jäähdytystarpeen mukaan. Jokaisen lämpäventtiilin toiminta on selostettu kytkentäkaaviossa (liite 2).

Lämpäventtiilin todellinen painehäviö lasketaan kaavalla 8.

$$\Delta p_{FV} = (q_v / k_{vs})^2$$

KAAVA 8

$\Delta p_{FV}$  = lämpäventtiilin painehäviö (bar)

$q_v$  = mitoitusvirtaama ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$k_{vs}$  = valitun venttiilin aiheuttama todellinen painehäviö (bar)

Lämpäventtiilin fv1 painehäviö on

$$\Delta p_{FV1} = (4,27 \text{ dm}^3/\text{s} * 3,6) / 100)^2 = 0,024 \text{ bar} = 2,4 \text{ kPa}.$$

Kaikkien lämpäventtiilien painehäviöt on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Lämpäventtiilien painehäviöt

Venttiili	Virtaus ( $\text{dm}^3/\text{s}$ )	Koko (mm)	Kvs	Painehäviö (kPa)
FV1	4,27	80	100	2,4
FV2	4,27	80	100	2,4
FV3	4,27	80	100	2,4
FV4	12,8	125	220	4,4
FV6.1	3,74	80	100	1,8
FV6.2	3,74	80	100	1,8
FV6.3	3,74	80	100	1,8
FV7.1	3,74	80	100	1,8
FV7.2	3,74	80	100	1,8
FV7.3	3,74	80	100	1,8

## 6.2 Linjasäätöventtiili

Linjasäätöventtiilillä säädetään ja mitataan verkoston nesteen virtaus. Linjasäätöventtiili asennetaan verkoston paluupuolelle. Linjasäätöventtiilit tulevat muun muuassa kellarikerrokseen jäähdytyksen jakoputkien nousuille ja jokaiselle pumpulle tulee oma linjasäätöventtiili, josta voidaan tarkastaa haluttu virtaus. Linjasäätöventtiilin esisäätöarvot ja virtaukset löytyvät pohjapiirustuksista.

## 6.3 Jäähdytysventtiili

Puhallinkonvektoreille menevää virtausta säädetään 2-tieventtiilillä. 2-tieventtiilillä pumpun nostokorkeus muuttuu venttiilin ominaiskäyrän mukaisesti. Pumpun valinnassa on huomioitava, että pumpusta löytyy taajuusohjaus. Venttiilin ylimenevä paine-ero ja virtaus muuttuvat kokoajan, minkä seurauksena venttiilillä on jatkuva säätötarve.

CADS Planer – ohjelmalla suurin painehäviö muodostui huoneelle 522, joten lasketaan 2-tieventtiilin kv-arvo ja auktoriteetti sille.

Venttiilin kv-arvo lasketaan kaavalla 9.

$$kv = q / \sqrt{\Delta p} \quad \text{KAAVA 9}$$

$q_{puh}$  = puhallinkonvektorin mitoitusvirtauma ( $m^3/h$ )

$\Delta p$  = mitoitus paine-ero (bar)

Painehäviö kasvaa virtauksen toiseen potenssiin ja kun puhallinkonvektorin teho on 1000 W, niin painehäviö on 6000 Pa. Kaavalla 10 voidaan laskea, että puhallinkonvektorin painehäviö on huoneelle 522:

$$\Delta p_{puh.} = (q_{v2} / q_{v1}) * \Delta p_1^2$$

$$\Delta p_{puh.} = (0,076 \text{ dm}^3/s / 0,048 \text{ dm}^3/s) * 6000 \text{ Pa}^2 = 15410 \text{ Pa.} \quad \text{KAAVA 10}$$

CADS Planer – ohjelmalla saatiin painehäviöksi 29,6 kPa, joka sisältää linjasäätöventtiilit, puhallinkonvektorin ja jäähdytysputkiverkoston. Lisäksi pitää ottaa huomioon tasaajasäiliön ja kolmitieventtiilin fv08 painehäviöt. Mitoituspainehäviöksi saatiin: 29,6 kPa + 4,8 kPa + 3,4 kPa = 37,8 kPa. Jolloin venttiilin kv-arvoksi tulee kaavalla 9:

$$kv = (0,072 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot 3,6) / \sqrt{(37,8 \text{ kPa} / 100 \text{ kPa})} = 0,42$$

Kun valitaan pienempi kvs-arvo kuin kv-arvo, niin venttiilin painehäviö ja auktoriteetti kasvavat, joten valitaan kvs-arvoksi 0,40.

Paine-eroksi muodostuu 2-tieventtiilille kaavalla 10:

$$\Delta p_{2tv} = ((0,072 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot 3,6) / 0,40)^2 = 0,0422 \text{ bar} = 42,2 \text{ kPa}.$$

Venttiilin auktoriteetti lasketaan kaavalla 11.

$$\beta = \Delta p_{2tv} / \Delta p$$

KAAVA 11

$$\beta = \text{auktoiteetti}$$

$$\Delta p_{2tv} = \text{valitun säätöventtiilin aiheuttamapainehäviö mitoitusirtaumalla (kPa)}$$

$$\Delta p = \text{käytettävissä oleva paine-ero (kPa)}$$

$$\beta = 42,2 \text{ kPa} / (37,8 \text{ kPa} + 42,2 \text{ kPa}) = 0,53.$$

Liitteessä 6 on valittu hotellihuoneiden 2-tieventtiilit. Liitteeseen 6 laskettiin myös 2-tieventtiilin virtaamat, painehäviöt ja auktoriteetit. Pienimmän jäähdytystarpeen määräksi valittiin lopulta 800 W, jotta linjasäätöventtiilin painehäviötä saatiin laskettua. Samalla säilytettiin linjasäätöventtiilin koko samana kuin kytäputki ja 2-tieventtiilin auktoriteetti kasvoi 0,38:ään.

## 6.4 Kolmitieventtiilit

Kolmitieventtiilin fv08 vaikutusalueeseen kuuluu tasaajasäiliö, linjasäätöventtiili ja niiden välinen putkisto. Kolmitieventtiilin fv08 mitoituspainehäviöksi muodostuu:

$$\Delta p = 4,8 \text{ kPa} + 3 \text{ kPa} + 0,2 \text{ kPa} = 8,0 \text{ kPa}.$$

Kolmitieventtiilin fv08 haluttu auktoriteetti on 0,30, joten sen painehäviöksi muodostuu:

$$\Delta p_{FV08} = (0,3 * 8,0 \text{ kPa}) / 0,7 = 3,4 \text{ kPa}$$

Kolmitieventtiilin fv08 kv-arvo lasketaan kaavalla 9:

$$kV_{FV08} = (11,22 \text{ dm}^3/\text{s} * 3,6) / \sqrt{3,4 \text{ kPa} / 100 \text{ kPa}} = 218.$$

Valitaan 3-tieventtiilin fv08 kvs-arvoksi 220, jolloin painehäviöksi muodostuu kaavalla 10:

$$\Delta p_{FV08} = ((11,22 \text{ dm}^3/\text{s} * 3,6) / 220)^2 = 0,034 \text{ bar} = 3,4 \text{ kPa}.$$

3-tieventtiilin fv08 auktoriteetiksi muodostuu kaavalla 11:

$$\beta_{FV05} = 3,4 \text{ kPa} / (8,0 \text{ kPa} + 3,4 \text{ kPa}) = 0,30.$$

3-tieventtiilin fv05 vaikutus alueeseen kuuluu vesi-etyleeniglykoliverkosto, joten mitoituspainehäviöksi saatiin CADS Planer -ohjelmalla 48,0 kPa. Kolmitieventtiilin haluttu auktoriteetti on 0,30, joten sen painehäviöksi muodostuu:

$$\Delta p_{FV05} = (0,3 * 48,0 \text{ kPa}) / 0,7 = 20,6 \text{ kPa}.$$

Kolmitieventtiilin fv05 kv-arvo lasketaan kaavalla 9:

$$kv_{FV05} = (12,81 \text{ dm}^3/\text{s} * 3,6) / \sqrt{20,6 \text{ kPa} / 100 \text{ kPa}} = 102.$$

Valitaan 3-tieventtiilin fv05 kvs-arvoksi 100, jolloin painehäviöksi muodostuu kaavalla 10:

$$\Delta p_{FV05} = ((12,81 \text{ dm}^3/\text{s} * 3,6) / 100)^2 = 0,0212 \text{ bar} = 21,2 \text{ kPa}.$$

3-tieventtiilin fv05 auktoriteetiksi muodostuu kaavalla 11:

$$\beta_{FV05} = 21,2 \text{ kPa} / (48,0 \text{ kPa} + 21,2 \text{ kPa}) = 0,31.$$

Belimo H780N valittiin kolmitieventtiiliksi (kuva 17). Venttiili soveltuu jäähdytysjärjestelmään, jonka glykolin maksimipitoisuus on 50 %.



KUVA 17. Belimo H780N (15)

## 6.5 Patteriventtiili

Jos lämmityskaudella on jäähdytystarvetta, on ehdottomasti huolehdittava että patteriventtiili menee kiinni. Ideaalinen venttiilin sulkeutuminen ja säätäminen ei

ole täysin mahdollista ja siten energiaa menee hukkaan. Rakennukseen valittiin sähköiset patteriventtiilit, jotka on kytketty huonesäätimeen.

## 6.6 Paisunta-astia

Paisuntajärjestelmä voidaan suunnitella suljetuksi tai avoimeksi. Suljetussa paisuntajärjestelmässä vedenpinta ei ole kosketuksissa ilman kanssa. Painevaihtelut tapahtuvat yläosassa olevaa kalvoa vasten. Avoimissa järjestelmissä on korroosiovaara, koska veteen pääsee ilmaa. Avointa paisuntajärjestelmää ei saa asentaa uusiin rakennuksiin. (16, s. 1–4.)

Paisunta-astian mitoitus lasketaan kaavalla 12 (17).

$$Ht = ((P_{\text{ö}} + 1) - (P_s + 1)) / (P_{\text{ö}} + 1)$$

$$Lt = V_s \cdot ex$$

$$VN = Lt / Ht$$

KAAVA 12

$Ht$  = hyötyteho

$P_{\text{ö}}$  = loppupaine (bar)

$P_s$  = esipaine (bar)

$Lt$  = laajentumistilavuus (dm<sup>3</sup>)

$V_s$  = verkoston tilavuus (dm<sup>3</sup>)

$ex$  = paisuntatekijä (%)

Esipaine muodostuu verkoston korkeuserosta ja pumpun nostokorkeudesta.

Pumpun nostokorkeudesta otetaan puolet huomioon esipainetta laskettaessa.

Loppupaine on varoventtiilin avautumispaine.

CADS Planer -ohjelmasta saatiin putkipituudet ja siitä laskettiin tilaavuudet koko jäähdytysjärjestelmälle (taulukko 7).

**TAULUKKO 7. Putkien tilavuudet**

	Laatu	DN	Pituus	du	A	V
			(m)	(mm)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )
putki	RFe	100	123,3	114,3	0,01026	1,265
putki	RFe	125	182,8	139,7	0,01533	2,802
putki	RFe	15	417,0	21,3	0,00036	0,149
putki	RFe	20	338,1	26,9	0,00057	0,192
putki	RFe	25	109,3	33,7	0,00089	0,097
putki	RFe	32	86,5	42,4	0,00141	0,122
putki	RFe	40	171,9	48,3	0,00183	0,315
putki	RFe	50	205,7	60,3	0,00286	0,587
putki	RFe	65	18,4	76,1	0,00455	0,084
putki	RFe	80	33,3	88,9	0,00621	0,207
						<b>5,821</b>

### **Vesi-etyleeniglykolipuolen paisunta-astia**

Vesi-etyleeniglykoliverkoston pituudeksi mitattiin 151,6 metriä. Verkoston putkisto oli koko matkalta DN125, jolloin verkoston tilavuudeksi saatiin

$$V_s = 151,6 \text{ m} \cdot 15,33 \text{ dm}^3/\text{m} = 2\,262 \text{ dm}^3.$$

Lisäksi vedenjäähdyttimeen mahtuu noin 20 dm<sup>3</sup>/kpl ja nestejäähdyttimeen 160 dm<sup>3</sup>. Jolloin verkoston tilavuudeksi saadaan:

$$V_s = 2\,262 \text{ dm}^3 + 60 \text{ dm}^3 + 160 \text{ dm}^3 = 2\,492 \text{ dm}^3.$$

Verkoston vesi-etyleeniglykolin menolämpötila 42 °C ja paluulämpötila 36 °C. Etyleeniglykolin pitoisuus on 35 %. Lämpölaajenemiskerroin mahdollisen viiden asteen menolämpötilan nousun seurauksena on 3,05 % (16, s.4). Verkoston korkeusero alimman ja ylimmän putken välillä on 13,0 metriä. Varoventtiili valitaan heikoimman laitteen mukaan eli tasaajasäiliön mukaan. Tasaajasäiliön rakennepaine on 3 baaria. Vesi-etyleeniglykoli verkoston paisunta-astian koko lasketaan kaavalla 12.

$$H_t = ((3 \text{ bar} + 1 \text{ bar}) - (0,5 * 1,074 \text{ bar} + 1,3 \text{ bar})) / (3 \text{ bar} + 1 \text{ bar}) = 0,29$$

$$L_t = V_s * ex = 2492 \text{ dm}^3 * 0,0035 = 76 \text{ dm}^3$$

$$V_N = L_t / H_t = 76 \text{ dm}^3 / 0,29 = 261 \text{ dm}^3$$

Joten valitaan 300 dm<sup>3</sup> paisunta-astian kooksi.

### Jäähdytysvesipuolen paisunta-astia

Jäähdytysverkoston tilavuus on 5 821 dm<sup>3</sup>, josta vähennetään vesityyleeniglykoli putkistojen tilavuus 2 262 dm<sup>3</sup> (taulukko 6). Lisäksi tasaajasäiliöön mahtuu 2 000 dm<sup>3</sup>, minkä mitoitus käsitellään seuraavaksi. Vedenjäähdytimeen mahtuu n. 20 dm<sup>3</sup>/kpl ja puhallinkonvektoreihin 0,35 dm<sup>3</sup>/kpl. Näin verkoston tilavuudeksi saadaan:

$$V_s = 5\,821 \text{ dm}^3 - 2\,262 \text{ dm}^3 + 2\,000 \text{ dm}^3 + 60 \text{ dm}^3 + 50 \text{ dm}^3/\text{kpl} = 5\,669 \text{ dm}^3.$$

Jäähdytysvesiverkoston menoveden lämpötila oli 7 °C ja paluuveden 12 °C. Lämpölaajenemiskerroin mahdollisen viidenasteen nousun seurauksena on 0,15 %, mutta käytetään varmuuden vuoksi 0,5 % (16, s.4). Koska esipaine ja loppupaine ovat hyvin lähellä toisiaan. Verkoston korkeusero alimman ja ylimmän putken välillä on 22,5 metriä. Varoventtiilin avautumispaine oli 3 baaria. Jäähdytysvesiverkoston paisunta-astian koko lasketaan kaavalla 12.

$$H_t = ((3 \text{ bar} + 1 \text{ bar}) - (0,5 * 0,882 \text{ bar} + 2,25 \text{ bar})) / (3 \text{ bar} + 1 \text{ bar}) = 0,33$$

$$L_t = V_s * ex = 5669 \text{ dm}^3 * 0,005 = 28 \text{ dm}^3$$

$$V_N = L_t / H_t = 28 \text{ dm}^3 / 0,33 = 86 \text{ dm}^3$$

Joten valitaan 100 dm<sup>3</sup> paisunta-astian kooksi.

### 6.7 Tasaajasäiliön mitoitus

Tasaussäiliön mitoituksessa käytetään 24 dm<sup>3</sup>/kW. Mitoitus perustuu vedenjäähdyttimen ollessa pois päältä, että veden lämpötila ei saa nousta tai laskea sillä aikaa enempää kuin kolme astetta. Vedenjäähdyttimen teho on 235 kW,



jolloin verkoston tilavuuden tulee olla vähintään:  $24 \text{ dm}^3/\text{kW} * 235 \text{ kW} = 5\,640 \text{ dm}^3$ . Kuten todettiin kohdassa 6.7, vesipuolen verkoston tilavuus on  $5821 \text{ dm}^3$ , kun tasaajasäiliötilavuus on  $2\,000 \text{ dm}^3$ .

Tasaajasäiliö tulee kellarikerrokseen, joten valinnassa tärkeä kriteeri oli fyysinen koko. Tasaajasäiliöksi valittiin ovaalin muotoinen varaaja (kuva 18).



KUVA 18. Akvantti-ovaalivaraaja (18)

Tasaussäiliön dynaaminen painehäviö vesi ja vesi-etyleeniglykolipuolelle laske-  
taan kaavalla 13 ja tulokset on esitetty taulukossa 8. Putkien aiheuttama paine-  
häviö on otettu huomioon verkostoa mitoittaessa.

$$\Delta p = \sum \zeta * 0,5 * \rho * v^2$$

KAAVA 13

$\Delta p$ = painehäviö (kPa)

$\sum \zeta$  = Kertavastukset

$\rho$ = tiheys ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$v$ = nopeus (m/s)

**TAULUKKO 8. Tasaajasäiliön aiheuttama painehäviö**

Vesipuoli	qv	v	$\Sigma \zeta$	$Z = \Sigma \zeta 0,5 \rho v^2$	Yhteensä
	(dm <sup>3</sup> /s)	(m/s)		(Pa)	(Pa)
Ulospuhallus	5,61	1,23	1,5	5703,06	1840
2 yhdettä DN65	5,61	1,23	2,0	1520,82	2218
Laajennus	5,61	1,23	1,0	760,41	756
Yhteensä					4814
Glykolipuoli	qv	v	$\Sigma \zeta$	$Z = \Sigma \zeta 0,5 \rho v^2$	Yhteensä
	(dm <sup>3</sup> /s)	(m/s)		(Pa)	(Pa)
Ulospuhallus	4,27	0,94	1,5	3303,99	706
Laajennus	4,27	0,94	1,0	440,53	471
Yhteensä					1177

## 7 PUMPPUJEN VALINTA

Jäähdytysvesiverkoston kiertovesipumpun vesivirta täytyy olla vähintään yhtä suuri kuin vedenjäähdyttimessä kiertävä vesivirta. Muuten vesi sekoittuu ja veden lämpötila kasvaa. Kiertovesipumput ja muut verkostojen komponentit löytyvät kytkentäkaaviosta (liite 2). Taulukkoon 9 laskettiin pumppujen nostokorkeus.

Pumpun 03 nostokorkeus muodostuu jäähdytysverkostosta, joka sisältää venttiilit ja puhallinkonvektorin, 3-tieventtiilistä fv08 ja tasaajasäiliöstä (taulukko 9). Pumpun 03 virtaus on 11,22 dm<sup>3</sup>/s.

Pumpun 1.1 nostokorkeus muodostuu joko vedenjäähdyttimen tai lämmönsiirtimen vaikutuspiiristä. Koska lämmönsiirtimen kautta syntyy suurempi painehäviö, valitaan se mitoittavaksi piiriksi. Piiriin kuuluvat tasaajasäiliö, putkisto, lämmönsiirrin, linjasäätöventtiili ja läppäventtiili fv7.1. Lämmönsiirtimen maksimi painehäviöksi kerrottiin 20 kPa. Putkiston painehäviöksi arvioidaan 4,0 kPa, josta dynaaminen painehäviö on 3,5 kPa ja karheuden aiheuttama painehäviö on 0,5 kPa. (Taulukko 9.) Pumppujen 1,2 ja 1,3 vaikutuspiirit ovat samanlaisia kuin pumpun 1.1. Pumppujen virtaukset ovat 3,74 dm<sup>3</sup>/s.

Pumpun 02 nostokorkeus muodostuu vedenjäähdyttimestä, läppäventtiilistä fv01, linjasäätöventtiilistä, nestejäähdyttimestä, joka sisältää vesityleeniglykoliverkoston ja kolmitieventtiilistä fv05 (taulukko 9). Pumpun virtaus on 12,81 dm<sup>3</sup>/s.

*TAULUKKO 9. Pumppujen painehäviöt*

Pumppu	Tasaajasäiliö	Verkosto	Ls/Vj	Lsv	3-tie-/läppäventtiili	Yhteensä
	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)
PU1.1	1,2	4,0	20,0	3,0	1,8	30,0
PU1.2	1,2	4,0	20,0	3,0	1,8	30,0
PU1.3	1,2	4,0	20,0	3,0	1,8	30,0
PU02	-	48,0	31,8	3,0	23,0	105,8
PU03	4,8	80,0	-	-	3,4	88,2

Pumput valittiin Grundfossin valmistamalla WepCAPS-tuella (19). Valitut pumput löytyvät liitteestä 7.

## 8 SÄHKÖÄ KULUTTAVIEN LAITTEIDEN KUSTANNUKSET

Laitevalinnassa pyrittiin matalaan energiankulutukseen, koska elinkaarikustannukset koostuvat suurilta osin sähkönkulutuksesta. Nestejäähdytin ja puhallinkonevektori valittiin EC-moottorilla, jolloin saadaan portaaton puhaltimien ohjaus. Portaattomalla ohjaustavalla säästetään energiaa, koska jäähdytettäviä tiloja oli paljon ja nestejäähdyttimen teho oli suuri. Laskennassa on käytetty laitteiden arvolisäverottomia hintoja. Sähkön hinta laskennassa oli 0,11 e/kWh. Laskenta-aikana käytettiin 20 vuotta.

### 8.1 Jäähdytysenergian tarve

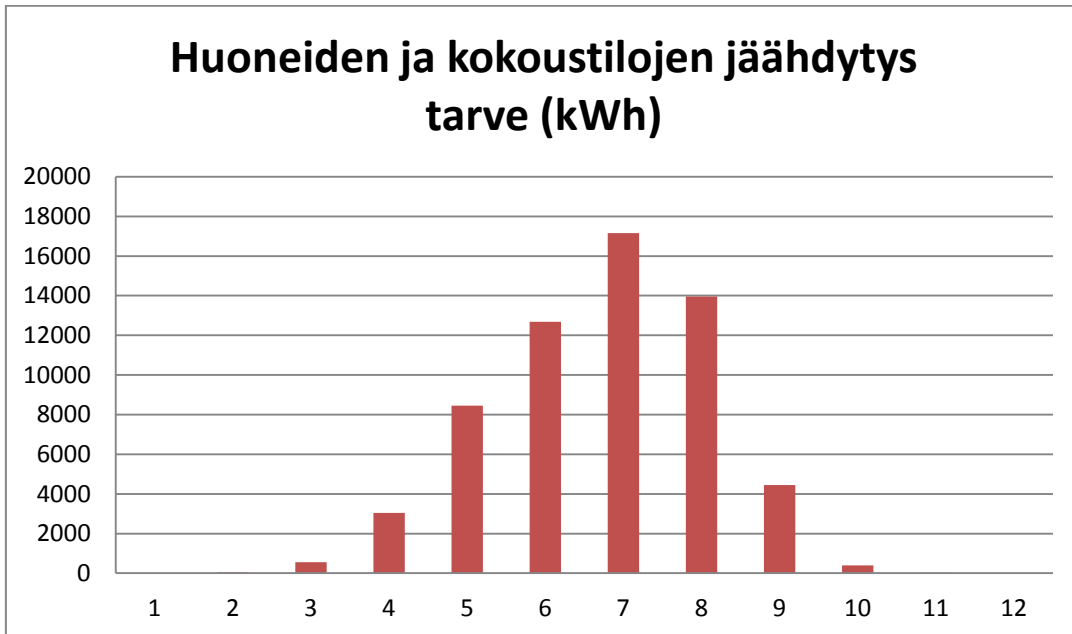
Kylmäkerroin COP saadaan sähkönkulutuksen ja kylmäntuotannon suhteesta. Vedenjäähdyttimellä tuotettu kylmäteho on 78,3 kW ja sähkönteho 20,4 kW, jolloin kylmäkertoimeksi saadaan 3,84.

Liitteessä 8 löytyvät jäähdytysenergian kulutukset, mutta tilalämmitys, lämmitys ilmanvaihtokoneella ja lämmin käyttövesi eivät ole todellisia. IDA ICE:lla saadut jäähdytysenergian tarpeet vuodeksi olivat seuraavat:

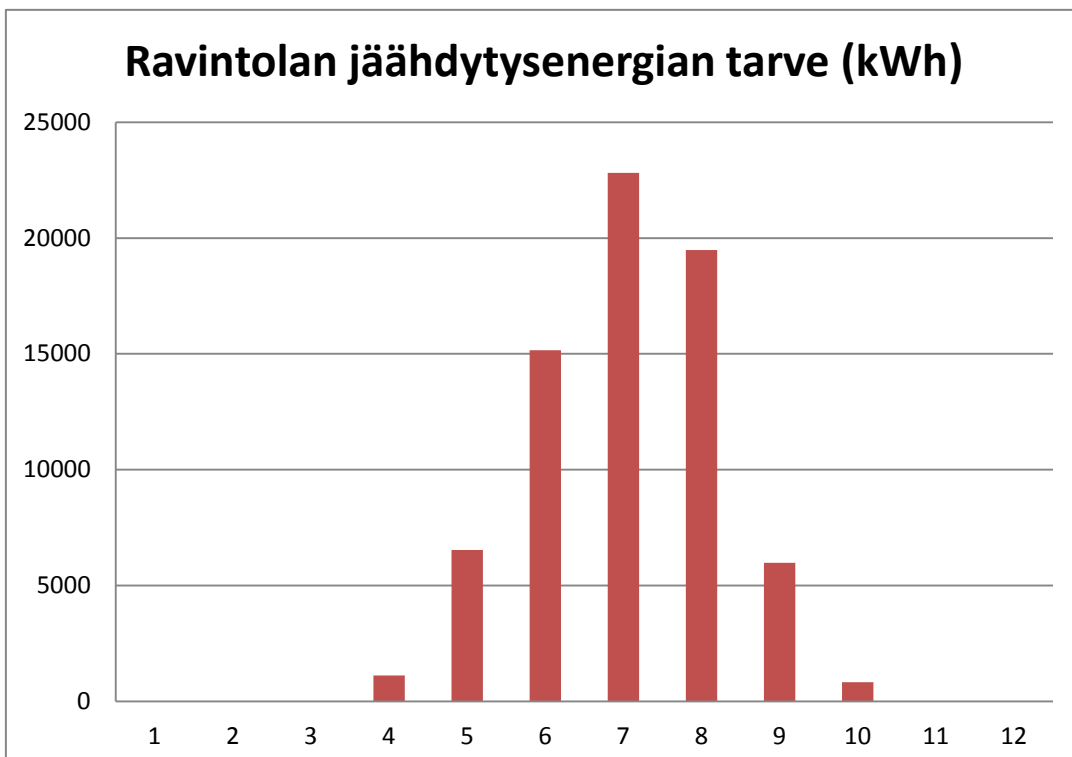
- ravintolalle 71 898 kWh/a
- hotellihuoneille ja kokoushuoneille 60 750 kWh/a
- vastaanottotilalle 3 634 kWh/a.

Jäähdytysenergian tarpeesta tehtiin taulukot kuukausitarpeen mukaan (taulukko 10, taulukko 11 ja taulukko 12).

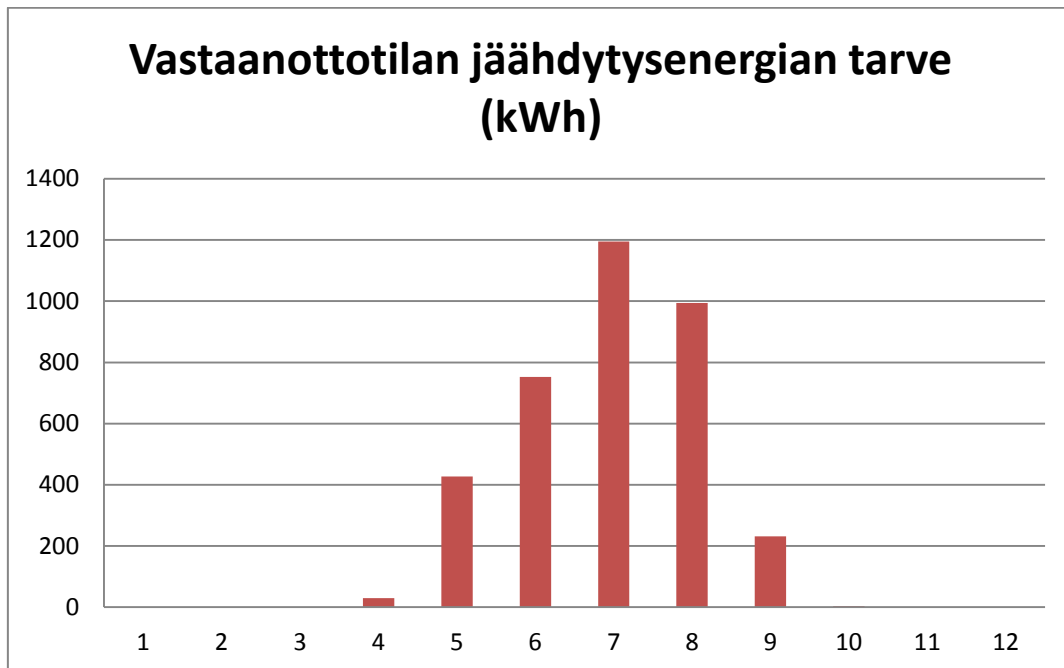
TAULUKKO 11. Hotellihuoneiden ja kokoustilojen jäähdytysenergian tarve



TAULUKKO 10. Ravintolan jäähdytysenergian tarve



TAULUKKO 12. Vastaanottotilan jäähdytysenergian tarve



Jäähdytysenergian tarve vuodeksi oli ilmanvapaajäähdytystä yhteensä 136 282 kWh/a.

## 8.2 Vapaajäähdytyksen energian säästö

Vapaajäähdytys lähtee päälle kun ulkolämpötila on alle 8 °C. Jyväskylän sääti-tojen mukaan 65,96 % vuodessa on alle 8 °C:ta lämmintä (20). Jäähdytystarvet-ta ei esiinny talvikuukausina, joten jouduttiin tekemään kuukausittainen laskel-ma. Taulukossa 13 on esitetty vapaajäähdytyksellä saatava energia.

TAULUKKO 13. Vapaajäähdityksellä saatava energia

Kuukausi	Jäähdytystarve	Vapaajäähdytys	Vapaajäähdytys	Vedenjäähdytin
	(kWh)	(%)	(kWh)	(kWh)
1	0	100	0	0
2	50	100	50	0
3	551	100	551	0
4	4190	87,22	3655	536
5	15407	50,94	7848	7558
6	28586	13,06	3733	24852
7	41164	3,09	1272	39892
8	34435	10,62	3657	30778
9	10671	37,64	4017	6655
10	1227	91,4	1122	106
11	2	100	2	0
12	0	100	0	0
Yhteensä	136282		25906	110376

Vapaajäähdityksellä saatiin tuotettua jäähdytysenergiaa 25 906 kWh/a, joka oli noin 19 % koko jäähdytysenergian tarpeesta. Vedenjäähdyttimen jäähdytysenergiaksi muodostui yhteensä 110 376 kWh. (Taulukko 13.)

### 8.3 Sähkönenergian kulutus

Vedenjäähdyttimen sähköenergian kulutus voidaan laskea kaavalla 16.

$$E_{SVJ} = E_J / COP$$

KAAVA 16

$E_{SVJ}$  = vedenjäähdyttimen sähköenergia (kWh/a)

$E_J$  = vedenjäähdyttimen jäähdytysenergia (kWh/a)

$COP$  = kylmäkerroin

$$E_{SVJ} = 110\,376 \text{ kWh/a} / 3,84 = 28\,744 \text{ kWh/a}$$



Pumpun käyntiaika lasketaan kaavalla 17. Jäähdytysvesiverkoston pumpun käyntiaikaan ei vaikuta vapaajäähdytys.

$$t_P = E_J / (q_v * \Delta T * \rho * C_p) \quad \text{KAAVA 17}$$

$t_P$  = pumpun käyntiaika (h/a)

$E_J$  = jäähdytysenergia (kWh/a)

$q_v$  = pumpun nestevirtaus ( $m^3/s$ )

$\Delta T$  = lämpötilaero ( $^{\circ}C$ )

$C_p$  = nesteen ominaislämpökapasiteetti (kJ/kgK)

$$t_{P03} = 136\,282 \text{ kWh/a} / (0,01122 m^3/s * (12 - 7) ^{\circ}C * 999,7 \text{ kg/m}^3 * 4,192 \text{ kJ/kgK}) = 580 \text{ h/a}$$

Jäähdytysvesiverkoston pumpun kuluttama sähköenergia lasketaan kaavalla 18:

$$E_P = P_P * t_p \quad \text{KAAVA 18}$$

$E_P$  = pumpun sähkönkulutus (kWh/a)

$P_P$  = pumpun teho (kW)

$t_p$  = pumpun käyntiaika (h/a)

$$E_{P3} = 1,66 \text{ kW} * 580 \text{ h/a} = 963 \text{ kWh/a}$$

Vedenjäähdyttimen tasaussäiliön välisten pumppujen käyntiaikaan vaikuttaa vapaajäähdytys. Käyntiaika lasketaan kaavalla 17. Koska pumppuja on kolme käyntiaika on 1/3:

$$t_{P1} = \frac{\frac{1}{3} * 110\,376 \text{ kWh}}{0,01122 \text{ m}^3/s * (12 - 7) ^{\circ}C * 999,7 \text{ kg/m}^3 * 4,192 \text{ kJ/kgK}} = 156 \text{ h/a.}$$

Tasaajasäiliön kiertopumpun kuluttama sähköenergia lasketaan kaavalla 18:

$$E_{P1} = 0,194 \text{ kW} * 156 \text{ h/a} = 30 \text{ kWh/a.}$$

Vesi-etyleeniglykoliverkoston pumpun jäähdytysenergia on 136 282 kWh/a.

Vesi-etyleeniglykoliverkoston pumpun käyntiaika vedenjäähdyttimen käydessä lasketaan kaavalla 17:

$$t_{P3} = \frac{110\,376 \text{ kWh/a}}{12,81 \text{ dm}^3/\text{s} * (42 - 36) ^\circ\text{C} * 1049 \text{ kg/m}^3 * 3,66 \text{ kJ/kgK}} = 374 \text{ h/a.}$$

Vesi-etyleeniglykoliverkoston glykoliverkoston pumpun käyntiaika vapaajäähdytyksessä lasketaan kaavalla 17:

$$t_{P2} = \frac{25\,906 \text{ kWh/a}}{(12,81 \text{ dm}^3/\text{s} * 1049 \text{ kg/m}^3 * 3,66 \text{ kJ/kgK} * (12,8 - 8) ^\circ\text{C}} = 110 \text{ h/a.}$$

Nestejäähdyttimen pumpun kuluttama sähköenergia lasketaan kaavalla 18:

$$E_{p2} = 2,66 \text{ kW} * (374 \text{ h/a} + 110 \text{ h/a}) = 1\,287 \text{ kWh/a.}$$

Nestejäähdyttimen kuluttama sähköenergia lasketaan kaavalla 18:

$$E_{NJ} = 5,268 \text{ kW} * (374 \text{ h/a} + 110 \text{ h/a}) = 2\,550 \text{ kWh/a.}$$

## 8.4 Kustannukset

Puhallinkonvektorin, nestejäähdyttimen ja vedenjäähdyttimen hankintahinnat kysyttiin Kylmätekijöiltä. Grundfossin omilta sivuilta katsottiin pumppujen hinnat. Hinnat olivat seuraavat:

- Puhallinkonvektori	760 euroa / kpl
- Nestejäähdytin	20 000 euroa
- Vedenjäähdyttimet	26 700 euroa
- Pumppu 1.1	921 euroa
- Pumppu 1.2	921 euroa
- Pumppu 1.3	921 euroa
- Pumppu 02	3 147 euroa
- Pumppu 03	4 977 euroa

Yhteensä sähköä kuluttavien laitteiden hinnat olivat ilmansäätölaitteita 166 267 euroa.

Sähköenergian kulutukset olivat seuraavat:

- vedenjäähdytin	28 744 kWh/a
- pumppu 1.1	30 kWh/a
- pumppu 1.2	30 kWh/a
- pumppu 1.3	30 kWh/a
- pumppu 02	1 287 kWh/a
- pumppu 03	963 kWh/a
- nestejäähdytin	2 550 kWh/a

Yhteensä sähkötulutus oli siis 33 634 kWh/a, jolloin 20 vuoden energianhinta on  $33\,634 \text{ kWh/a} \cdot 20 \text{ vuotta} \cdot 0,11 \text{ e/kWh} = 73\,995 \text{ euroa}$ . Ilman huoltokustannuksia kustannukset laitteille 20 vuodeksi ovat  $73\,634 \text{ euroa} + 166\,267 \text{ euroa} = 239\,901 \text{ euroa}$ .

## 9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella elinkaarikustannukseltaan edullinen jäähdytysjärjestelmä hotelli Cumulukseen. Työssä päästiin tutustumaan eri jäähdytysjärjestelmien toimintaan. Työssä päädyttiin jo alkuvaiheessa vapaajäähdytykseen, sillä tiedettiin, että sillä tullaan saamaan säästöä energiankulutukseen. Laskennallisesti energiansäästöä saatiin vapaajäähdytyksellä kaikkiaan yli 20 %, koska vedenjäähdyttimen jäähdytysenergian säästö oli jo noin 19 %.

Jäähdytyskuormaa laskettaessa tuli selville, kuinka erikuormat vaikuttavat jäähdytystarpeeseen. Jäähdytystarpeeksi muodostui yhteensä 208 044 W. Ilmanvaihdon eristäminen aiemmin olisi vähentänyt jäähdytystarvetta hieman. Venttiilien valinnat olivat tärkeä osa työtä, jotta haluttu jäähdytysteho saatiin aikaiseksi. Väärin säädetty jäähdytysjärjestelmä ei toimi oikein ja kuluttaa ylimääräistä energiaa. Käsien tehdyt laskelmat auttoivat ymmärtämään kuinka painehäviöt muodostuivat pumpuille. Myös laitteiden ostoenergiat ja laitekustannukset tulivat hyvin selville työtä tehdessä.

Suunnittelussa kiinnitettiin erityistä huomiota optimaaliseen tilankäyttöön niin, että törmäyksiä ei pääse syntymään. Työmaalla käyntejä tuli useita, jotta laiteille löytyi sopivat paikat. Tilan käytön suunnittelu oikein tulee helpottamaan aikanaan asennustyötä.

Suunnittelutyössä päästiin tutustumaan laajalti eri jäähdytyslaitevaihtoehtoihin. Jäähdytyslaiteeksi valittiin tilaajan toiveesta puhallinkonvektori, koska sillä saatiin aikaiseksi nopea ja tehokas jäähdytys. Myös aktiivipalkki olisi ollut hyvä vaihtoehto. Aktiivipalkkia varten ei olisi tarvinnut rakentaa uutta alakattoa huoneisiin. Ruostumattomanteräksen sijasta olisi voinut käyttää myös komposiittiputkea osana järjestelmää. Myös erilaiset jäähdytyksen kytkentä- ja automaatiokaaviot tulivat tutuiksi.

## LÄHTEET

1. D3 laskentaopas Kesäajan huone lämpötilan vaatimukaisuuden osoittaminen (2012). 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B7B8D0893-4715-4FD1-B685-D2B71D6A6559%7D/31274>. Hakupäivä: 02.04.2014.
2. D2 (2012). 2011. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf). Hakupäivä: 02.04.2014.
3. D3 (2010). 2008. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2010. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/34165-D3-2010\\_suomi\\_22-12-2008.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/34165-D3-2010_suomi_22-12-2008.pdf). Hakupäivä: 02.04.2014.
4. D5 (2012). 2013. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2012. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468>. Hakupäivä: 02.04.2014.
5. D3 (2012). 2011. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf). Hakupäivä: 02.04.2014.
6. Ilmatekniikan suunnitteluopas osa 2. 1980. Valmet Oy, O.Y. Mercantile A.B, Turku: Jaakkoo-taaraa-oy.

7. LVI 06-10304. 2000. Ammattikeittiöiden sisäilmaston suunnittelu. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto 2000. Saatavissa:  
<https://www.rakennustieto.fi/tuote.html.stx?RANEget=/index/haku&tuote=/LV17939> (vaatii käyttäjälisenssin.) Hakupäivä 21.04.2014.
8. Seppänen, Olli 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Suomen LVI-liitto. Forssa: Kirjapaino Oy.
9. Onninen vapaajäähdytys. 2009. Onninen Oy. Saatavissa:  
[http://www.vapaajäähdytys.fi/ladattavat/onninen\\_suunnittelijan\\_net.pdf](http://www.vapaajäähdytys.fi/ladattavat/onninen_suunnittelijan_net.pdf) . Hakupäivä: 21.04.2014.
10. 30WG Water Cooled Chiller. 2014. AHI Carrier. Saatavissa: <http://www.ahi-carrier.com.au/product.cfm?productid=88&content=52>. Hakupäivä: 21.04.2014.
11. AlfaBlue BMD / BDMY / BDD / BDD6 BDDY Dry coolers. 2013. Alfa Laval. Saatavissa: <http://www.alfalaval.com/solution-finder/products/alfablue-bmd-bdd/pages/documentation.aspx>. Hakupäivä: 21.04.2014.
12. C1 (1998). 1998. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Määräykset ja ohjeet 1998. C1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa:  
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468>. Hakupäivä: 02.04.2014.
13. Presentantation. 2014. Carrier. Saatavissa:  
[http://www.carrier.fr/carrier\\_produits\\_chauffage\\_climatisation/frame\\_produits\\_carrier\\_chauffage\\_climatisation.asp?clim=terminaux](http://www.carrier.fr/carrier_produits_chauffage_climatisation/frame_produits_carrier_chauffage_climatisation.asp?clim=terminaux). Hakupäivä: 21.04.2014.
14. HLS 44. 2014. Produal. Saatavissa:  
<http://www.produal.fi/FI/Tuotteet/S%C3%A4%C3%A4timet/HLS%2044>. Hakupäivä: 21.04.2014.

15. Tuotesarja H7. 2014. Belimo. Saatavissa:  
[http://www.belimo.fi/products.php?series=H7\\_](http://www.belimo.fi/products.php?series=H7_) Hakupäivä: 21.04.2014.
16. LVI 11-10472. 2011. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. Rakennustietosäätiö RTS 2011. Saatavissa:  
<https://www.rakennustietokauppa.fi/paisuntajarjestelman-valinta-ja-mitoitus.->  
(2011)/104528/dp. (vaatii käyttäjälisenssin.) Hakupäivä: 21.04.2014.
17. Reflex kalvopaisunta-astiat. 2011. Reflex. Saatavissa:  
<http://files.ariterm.fi/Bio/Muut/reflex%20N%20KALVOPAISUNTA-ASTIA.pdf>.  
Hakupäivä: 08.05.2014.
18. Akvantti-ovaalivaraaja. 2013. Akvaterm. Saatavissa:  
<http://www.akvaterm.fi/fin/Lamminvesivaraajat/AKVANTTI.10.html>. Hakupäivä: 21.04.2014.
19. WebCaps-tuki. 2014. Grundfos. Saatavissa:  
<http://net.grundfos.com/Appl/WebCAPS/InitCtrl?mode=1>. Hakupäivä: 21.04.2014.
20. Ulkoilman lämpötilojen esiintymistiheys nykyilmastossa (TRY2012) pysyvyyssarvoina vyöhykkeellä 3 (Jyväskylä). 2011. Ilmatieteenlaitos. Saatavissa: [http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=001e7079-91ef-4f19-b72b-3059b3525fb5&groupId=30106](http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=001e7079-91ef-4f19-b72b-3059b3525fb5&groupId=30106). Hakupäivä: 21.04.2014.

## **LIITTEET**

Liite 1 Jäähdytystarve

Liite 2 Kytkentäkaavio

Liite 3 Vedenjäähdyttimen mitoitus tiedot

Liite 4 Nestejäähdyttimen mitoitus tiedot

Liite 5 Puhallinkonvektorin mitoitus tiedot

Liite 6 2-tieventtiilien painehäviöt ja auktoriteetti

Liite 7 Pumppujen mitoitus tiedot

Liite 8 Jäähdytysenergian tarve



Hotelli- huone	Jäähdytystarve	Poistettu tuntuva lämpö	Huonelaite- teen jäähdy- tysteho	IV:n kuiva- jäähdytys	Lämpöti- la	Operatiivi- nen lämpö- tila	Tuloilmavirta	Tuloil- man lämpöti- la	RH	Maks CO2- pitoi- suus
	(W)	(W)	(W)	(W)	(°C)	(°C)	(dm <sup>3</sup> /s)	(°C)	(%)	(ppm)
H101	1404	1259	1282	171	24	25,7	20	17	43	972
H102	1383	1241	1219	182	24	25,6	21	17	43	937
H103	954	829	832	185	24	25,1	21	17	47	928
H104	1377	1236	1212	182	24	25,6	21	17	43	937
H105	884	762	753	184	24	25,0	21	17	47	933
H106	1386	1245	1235	184	24	25,6	21	17	43	933
H107	879	757	747	184	24	25,0	21	17	47	933
H108	1381	1239	1211	184	24	25,6	21	17	43	933
H109	879	757	747	184	24	25,0	21	17	47	933
H120	1424	1281	1255	187	24	25,6	22	17	43	923
H121	880	759	750	184	24	25,0	21	17	47	933
H122	948	810	827	132	24	25,2	15	17	47	1140
H202	1050	916	903	186	24	25,1	22	17	47	927
H203	920	860	813	184	24	25,1	21	17	47	666
H204	1082	949	873	176	24	25,3	20	17	44	958
H205	987	922	903	169	24	25,3	20	17	46	690
H206	986	856	861	171	24	25,2	20	17	43	972
H207	1089	1025	1012	172	24	25,4	20	17	45	685
H208	1380	1238	1230	184	24	25,6	21	17	43	933
H209	1023	892	901	171	24	25,3	20	17	48	972

H210	1062	935	892	228	24	25,1	26	17	44	830
H211	1310	1106	1196	176	24	25,4	20	17	49	1233
H212	1130	934	980	175	24	25,3	20	17	48	1240
H213	947	817	821	171	24	25,3	20	17	47	972
H214	1634	1472	1534	171	24	26,2	20	17	43	972
H215	943	813	844	135	24	25,3	16	17	47	1126
H216	1661	1500	1498	171	24	26,3	20	17	43	972
H217	952	821	851	138	24	25,3	16	17	47	1110
H218	1673	1514	1518	171	24	26,2	20	17	43	972
H219	1014	882	893	171	24	25,4	20	17	46	972
H220	1071	998	978	108	24	25,8	13	17	43	853
H221	952	827	831	185	24	25,1	21	17	47	928
H222	1362	1219	1226	171	24	25,7	20	17	44	972
H223	884	762	753	184	24	25,0	21	17	47	933
H224	1374	1232	1209	182	24	25,6	21	17	43	937
H225	878	756	746	184	24	25,0	21	17	47	933
H226	1372	1231	1207	182	24	25,6	21	17	43	937
H227	878	756	746	184	24	25,0	21	17	47	933
H229	878	756	747	184	24	25,0	21	17	47	933
H230	1375	1234	1209	184	24	25,6	21	17	43	933
H231	867	800	766	132	24	25,2	15	17	40	770
H232	1410	1268	1243	187	24	25,6	22	17	43	923
H260	1045	910	921	176	24	25,2	20	17	48	958
H311	1302	1155	1137	171	24	25,7	20	17	45	972

H312	779	656	685	171	24	25,1	20	17	52	973
H313	1417	1202	1145	257	24	25,5	30	17	47	972
H314	1080	887	923	175	24	25,2	20	17	48	1240
H315	767	704	674	135	24	25,1	16	17	45	762
H316	661	600	617	139	24	24,9	16	17	48	753
H317	766	703	675	135	24	25,1	16	17	45	763
H318	1553	1397	1421	171	24	26,1	20	17	43	972
H319	773	711	681	138	24	25,1	16	17	45	755
H320	1635	1475	1460	171	24	26,2	20	17	43	972
H321	831	767	741	139	24	25,2	16	17	45	753
H322	1766	1529	1519	257	24	26,2	30	17	44	973
H323	1044	972	945	108	24	25,7	13	17	43	853
H324	1361	1218	1224	171	24	25,7	20	17	44	971
H325	961	836	841	185	24	25,1	21	17	47	928
H326	1376	1234	1212	182	24	25,6	21	17	43	937
H327	886	764	755	184	24	25,0	21	17	47	933
H328	1375	1233	1211	182	24	25,6	21	17	43	937
H329	880	758	748	184	24	25,0	21	17	47	933
H330	1384	1243	1236	184	24	25,6	21	17	43	933
H331	880	758	748	184	24	25,0	21	17	47	933
H332	1381	1239	1215	184	24	25,6	21	17	43	933
H333	882	760	750	184	24	25,0	21	17	47	933
H334	1417	1274	1253	187	24	25,6	22	17	43	923
H335	907	835	799	132	24	25,3	15	17	40	770
H411	1406	1258	1247	171	24	25,8	20	17	44	972

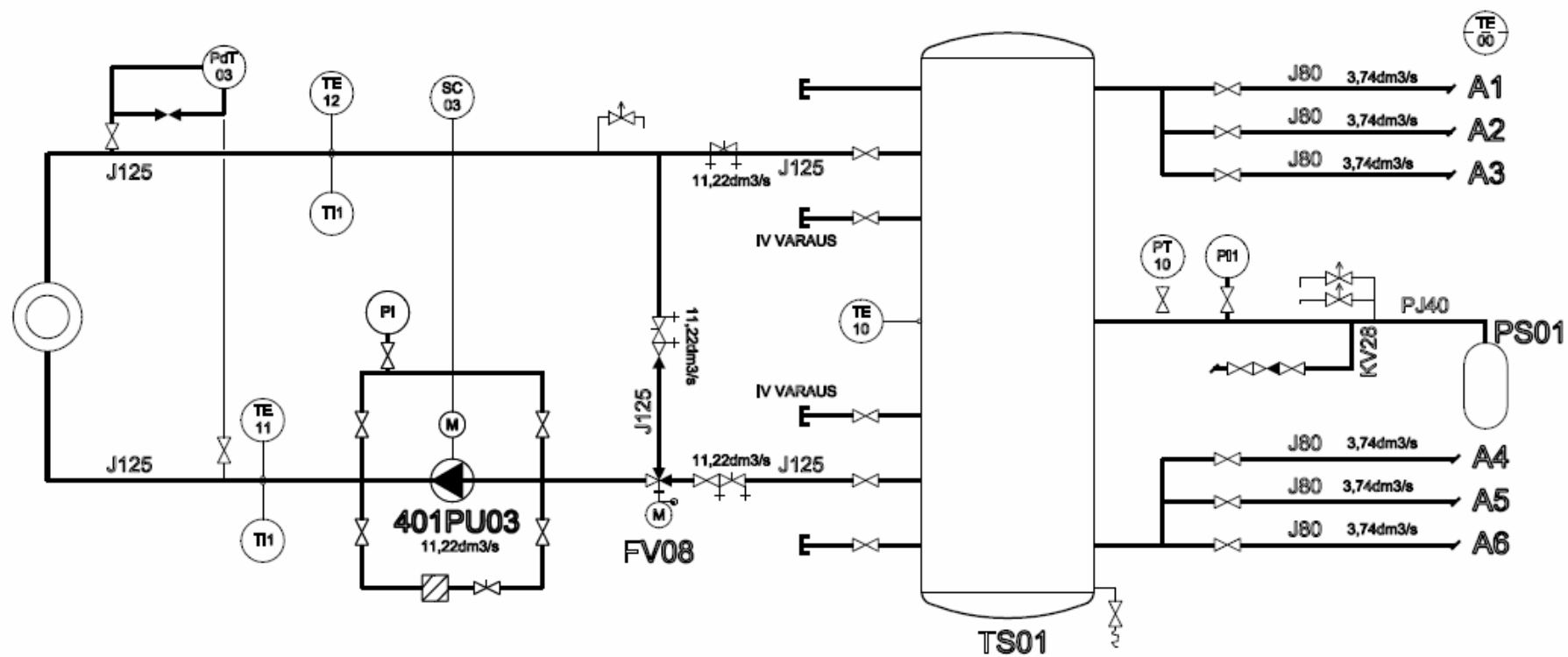
H412	785	658	692	171	24	25,1	20	17	47	973
H413	1513	1300	1263	257	24	25,6	30	17	47	972
H414	1099	907	869	257	24	25,2	30	17	48	973
H415	765	702	671	135	24	25,1	16	17	45	762
H416	669	604	625	139	24	24,9	16	17	48	753
H417	762	700	671	135	24	25,1	16	17	45	763
H418	1552	1396	1419	171	24	26,1	20	17	43	972
H419	770	708	677	138	24	25,1	16	17	45	755
H420	1634	1474	1459	171	24	26,2	20	17	43	972
H421	829	765	739	139	24	25,2	16	17	45	753
H422	1762	1525	1514	257	24	26,1	30	17	44	973
H423	1044	971	944	108	24	25,7	13	17	43	853
H424	1362	1219	1226	171	24	25,7	20	17	44	971
H425	966	841	845	185	24	25,1	21	17	47	928
H426	1378	1236	1214	182	24	25,6	21	17	43	937
H427	888	766	757	184	24	25,0	21	17	47	933
H428	1377	1236	1213	182	24	25,6	21	17	43	937
H429	882	760	750	184	24	25,0	21	17	47	933
H430	1386	1244	1238	184	24	25,6	21	17	43	933
H431	882	760	750	184	24	25,0	21	17	47	933
H432	1383	1241	1218	184	24	25,6	21	17	43	933
H433	887	765	754	184	24	25,0	21	17	47	933
H434	1422	1279	1259	187	24	25,6	22	17	43	923
H435	961	885	856	132	24	25,4	15	17	40	770
H511	1470	1320	1291	171	24	25,9	20	17	44	972

H512	792	663	707	171	24	25,1	20	17	47	973
H513	1561	1338	1310	257	24	25,7	30	17	42	972
H514	1104	912	871	257	24	25,2	30	17	48	973
H515	763	700	669	135	24	25,1	16	17	45	762
H516	625	563	576	139	24	24,8	16	17	49	753
H517	760	698	669	135	24	25,1	16	17	45	763
H518	1547	1391	1413	171	24	26,1	20	17	43	972
H519	768	706	675	138	24	25,1	16	17	45	755
H520	1634	1474	1457	171	24	26,2	20	17	43	972
H521	825	762	736	139	24	25,2	16	17	45	753
H522	1762	1525	1513	257	24	26,1	30	17	44	973
H523	1044	971	944	108	24	25,7	13	17	43	853
H524	1363	1220	1227	171	24	25,7	20	17	44	971
H525	965	840	844	185	24	25,1	21	17	47	928
H526	1379	1237	1216	182	24	25,6	21	17	43	937
H527	887	765	756	184	24	25,0	21	17	47	933
H528	1377	1236	1214	182	24	25,6	21	17	43	937
H529	881	759	749	184	24	25,0	21	17	47	933
H530	1386	1244	1239	184	24	25,6	21	17	43	933
H531	881	759	749	184	24	25,0	21	17	47	933
H532	1383	1241	1220	184	24	25,6	21	17	43	933
H533	887	765	755	184	24	25,0	21	17	47	933
H534	1421	1279	1262	187	24	25,6	22	17	43	923

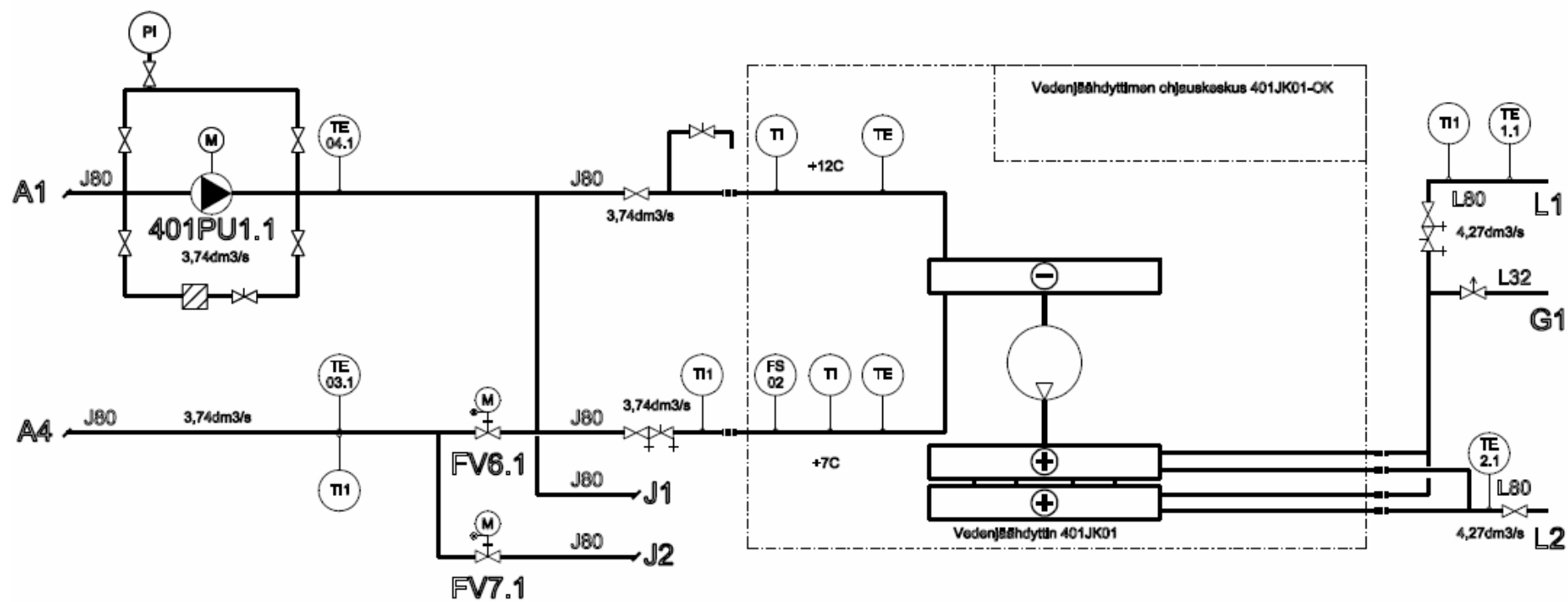
H535	977	901	880	132	24	25,4	15	17	40	770
H611	1460	1311	1318	171	24	25,9	20	17	44	972
H612	794	669	700	171	24	25,1	20	17	47	973
H613	1544	1324	1367	257	24	25,7	30	17	42	972
H614	1109	916	863	257	24	25,2	30	17	48	973
H615	763	701	657	135	24	25,1	16	17	45	762
H616	654	588	605	139	24	24,9	16	17	48	753
H617	761	699	655	135	24	25,1	16	17	45	763
H618	1509	1355	1381	171	24	26,1	20	17	44	972
H619	768	705	661	138	24	25,1	16	17	45	755
H620	1591	1433	1420	171	24	26,2	20	17	43	972
H621	819	755	722	139	24	25,2	16	17	45	753
H622	1713	1479	1471	257	24	26,1	30	17	44	973
H623	1013	941	922	108	24	25,7	13	17	43	853
H624	1314	1172	1186	171	24	25,6	20	17	44	971
H625	957	832	826	185	24	25,1	21	17	47	928
H626	1326	1186	1172	182	24	25,6	21	17	43	937
H627	888	765	744	184	24	25,0	21	17	47	933
H628	1325	1185	1170	182	24	25,6	21	17	43	937
H629	882	760	738	184	24	25,0	21	17	47	933
H630	1332	1192	1194	184	24	25,6	21	17	43	933
H631	883	761	738	184	24	25,0	21	17	47	933
H632	1331	1190	1175	184	24	25,6	21	17	43	933
H633	889	767	744	184	24	25,0	21	17	47	933
H634	1360	1220	1212	187	24	25,6	22	17	43	923

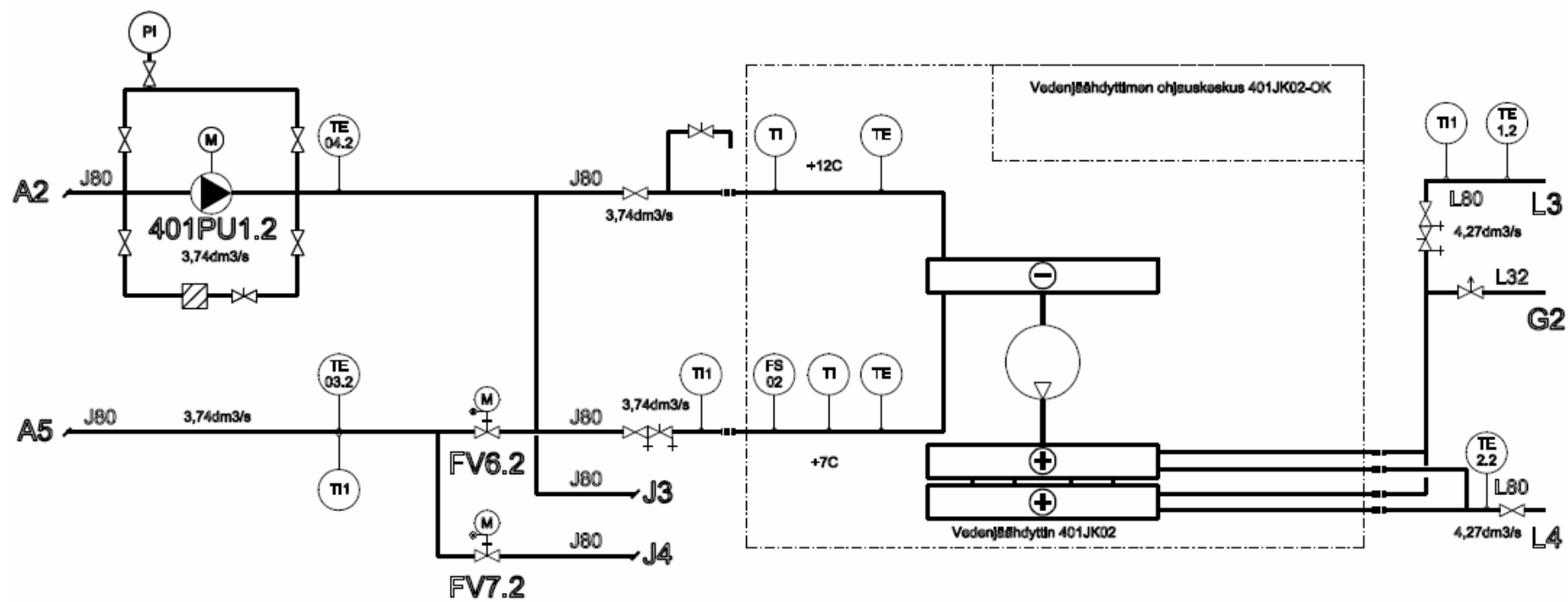
H635	948	880	860	132	24	25,4	15	17	45	770
Yhteensä	161768	143541	142094	24982			2900			

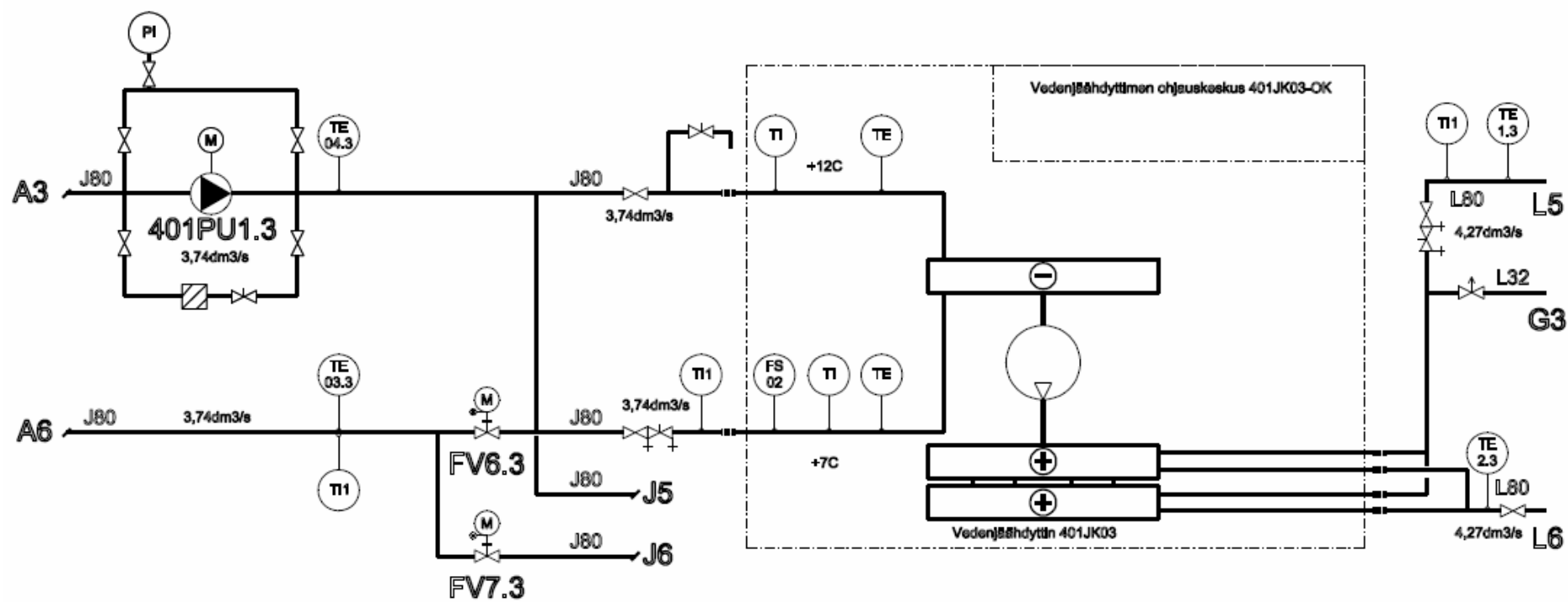
Huone	Jäähdytystarve	Poistettu tuntuva lämpö	Huonelaitteen jäähdytysteho	IV:n kuiva- jäähdytys	Lämpötila	Operatiivinen lämpötila	Tuloilmavirta	Tuloilman lämpötila	RH	Maks CO2- pitoisuus
	(W)	(W)	(W)	(W)	(°C)	(°C)	(dm3/s)	(°C)	(%)	(ppm)
Ravintola	87886	76968	61006	26880	25	26,4	2798	17	45	705
Vastaanottotila	7240	6879	4360	2880	25	25,2	300	17	40	670
Kokoustila	33585	31906	20701	12884	25	25,5	1516	17	46	1083

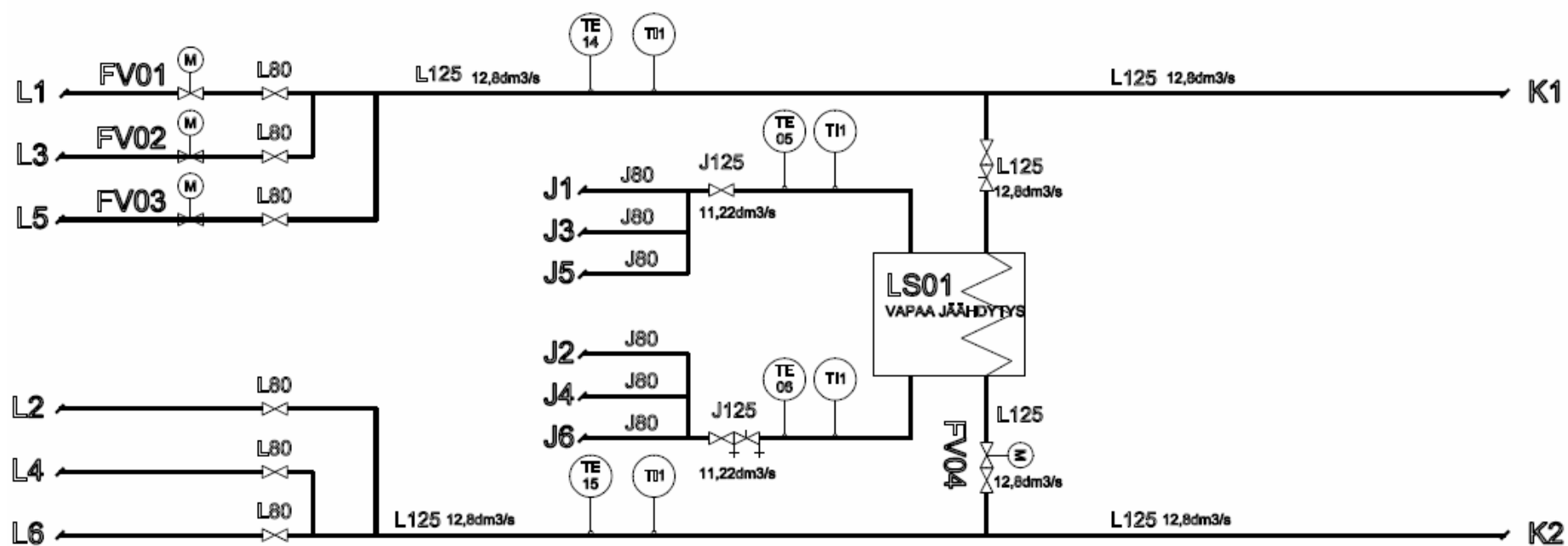


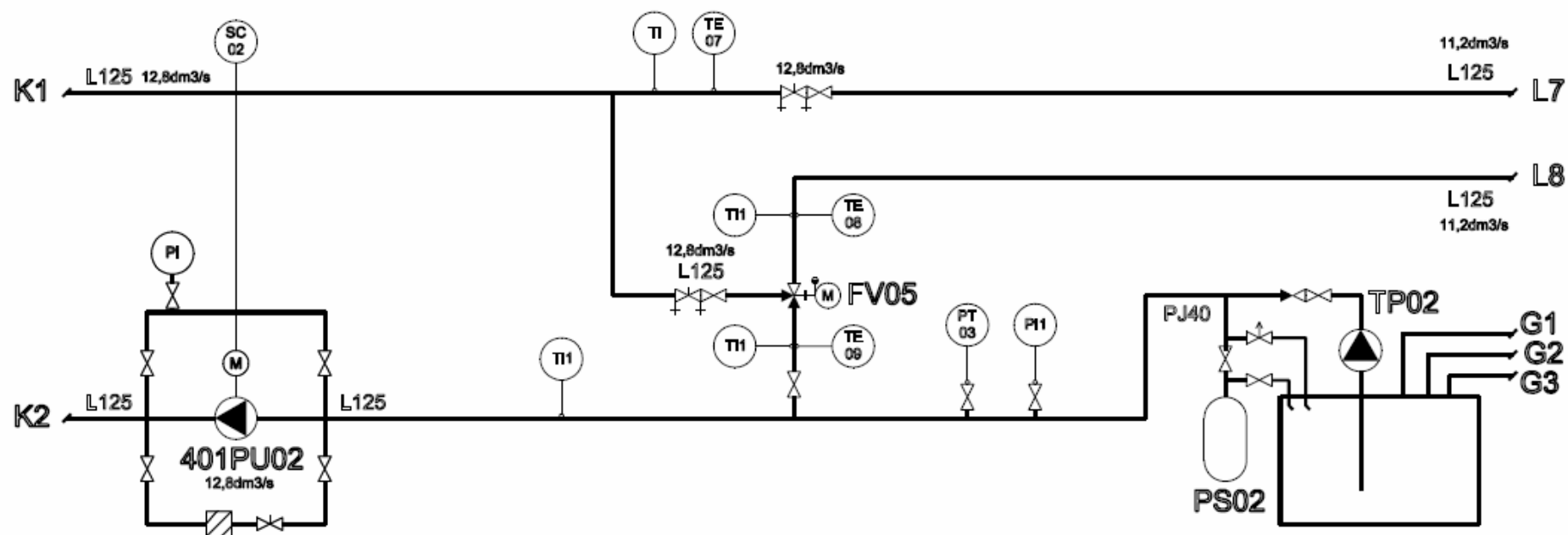


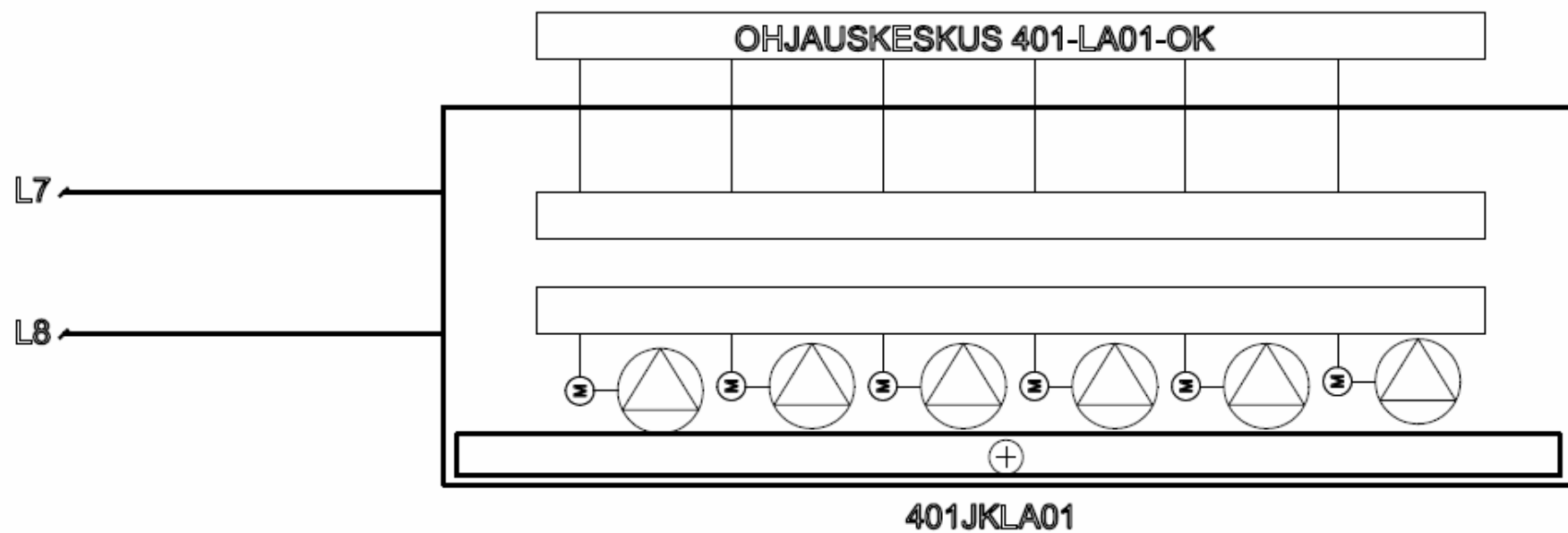












## TOIMINTATILAT

## KOMPRESSORIJÄÄHDYTYS

## KÄYNTITILAN SÄÄDÖT

VALVONTA-ALAKESKUS JA VEDENJÄÄHDYTTIMIEN OHJAUSKESKUKSET 401JK01-OK, 401JK02-OK, 401JK03-OK OHJAAVAT JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN TOIMINTAA SEURAAVASTI: VEDENJÄÄHDYTTIMET VOIVAT KÄYNNISTYÄ KUN ULKOILMANLÄMPÖTILA ON YLI +7C. MIKÄLI VEDEN LÄMPÖTILA SÄILIÖSSÄ ALITTAÄ +7C POISTUU VEDENJÄÄHDYTTIMIEN VJK01, VJK02 JA VJK03 KÄYNTILUPA. VEDENJÄÄHDYTYSKOMPRESSORIEN KÄYNTIÄ OHJAAVAT SÄÄTÖ-JA VALVONTAJÄRJESTELMÄ, VUOROTTELUOHJELMAN MUKAAN, JOS KÄYNTIVUOROSSA OLEVAN KOMPRESSORIN TEHO EI RIITÄ NIIN OHJELMA KÄYNNISTÄÄ SEURAAVAN KOMPPRESSORIN AVUKSI, SAMOIN HÄIRIÖTILANTEIDEN SATTUESSA KUN KOMPRESORIEIN OHJAUSKESKUKSET KÄYNNISTÄÄ PUMPUT 401PU01.1, 401PU01.2, 401PU01.3, 401PU02, KUN VEDENJÄÄHDYTIN SAA KÄYNTILUVAN.

KUN AIKAOHJELMAN, VUOROTTELUOHJELMAN TAI ULKOLÄMPÖTILAN MUKAINEN KÄYNTILUPA ON 401JK01 NIIN MOOTTORIVENTILI FV01 JA FV06.1 OVAT AUKI JA FV7.1 ON KIINNI. KUN AIKAOHJELMAN, VUOROTTELUOHJELMAN TAI ULKOLÄMPÖTILAN MUKAINEN KÄYNTILUPA ON 401JK02, NIIN MOOTTORIVENTILI FV02 JA FV06.2 OVAT AUKI JA FV7.2 ON KIINNI. KUN AIKAOHJELMAN, VUOROTTELUOHJELMAN TAI ULKOLÄMPÖTILAN MUKAINEN KÄYNTILUPA ON 401JK03, NIIN MOOTTORIVENTILI FV03 JA FV06.3 OVAT AUKI JA FV7.3 ON KIINNI. KOMPRESSORIN KÄYNTIÄ OHJAA MENOVETEEN ASENNETTU TERMOSTAATTI PITÄEN VEDEN LÄMPÖTILAN ASETUSARVOSSAAN, LISÄKSI MENOPUTKESSA ON VAROLAITTEENA JÄÄTYMISSUOJANA LÄMPÖTILA-ANTURI TE06. VEDENJÄÄHDYTTIMET PYSÄHTYÄ, KUN VEDEN LÄMPÖTILA ALITTAÄ EROALUEEN VERRAN ANTURIN TE06 ASETUSARVON.

VALVONTA-ALAKESKUS OHJAA LÄMPÖTILA-ANTURIN TE09 MITTAUSTULOKSEN PERUSTEELLA MOOTTORIVENTILIÄ FV05 PITÄEN VEDENJÄÄHDYTTIMELLE PALAAVAN NESTEEN LÄMPÖTILAN ASETUSARVOSSAAN. KOMPRESSORIEN OHJAUSKESKUS OHJAA LÄMPÖTILA-ANTURIN TE11 MITTAUSTULOKSEN PERUSTEELLA

MOOTTORIVENTILIÄ FV08 PITÄEN VEPUHALLINKONVEKTORI VERKOSTOON LÄHTEVÄN VEDEN LÄMPÖTILAN ASETUSARVOSSAAN. VERKOSTOON MENEVÄN VEDEN LÄMPÖTILAN ASETUSARVOA ANTURILLE TE11 MUUTETAAN ULKOLÄMPÖTILA-ANTURIN TE00 MITTAUSTULOSTENPERUSTEELLA.

SUITEELLISEN KOSTEUDEN NOUSTESSA YLI ANTUREIDEN ASETUSARVON NOOSTETAAN VERKOSTOON MENEVÄN VEDEN LÄMPÖTILAA KASTEPISTEEN YLÄPUOLLE.

PAINE-EROSÄÄDÖN ASETUSARVOA MUUTETAAN TE00 ULKOLÄMPÖTILAN MUKAAN. PAINE-EROA SÄÄDETTÄÄN PUMPPUN 401PU2 PYÖRIMISNOPEUTTA SÄÄTÄMÄLÄ TAAJUUS MUUNTAJOLLA SC02.

## VAPAAJÄÄHDYTYS

VALVONTA-ALAKESKUS OHJAA LAUHDUTINPUHALTIMIEN PYÖRINTÄÄ JA LAUHDUTUSPUMPPUA.

NESTEJÄÄHDYTTIMELTÄ PALAAVAN NESTEEN LÄMPÖTILALLE ANNETAAN UUSI ASETUSARVO JA NESTEEN ANNETAAN JÄÄHTYÄ.

VENTTIILIN FV04 AVULLA OHJATAAN VIRTASTA VAPAAJÄÄHDYTYKSEN LÄMMÖNSIIRTIMEN KAUTTA, PUMPPU 401PU03 KÄY JOS JOKIN PUHALINKONVEKTORI TARVITSEE JÄÄHDYTYSTÄ. SÄÄTÖOHJELMA OHJAA PUMPPUN 401PU1.1, 401PU1.2, 401PU1.3 JA 401PU2.0 KÄYNTIÄ VESISÄILIÖN VS01 LÄMPÖTILA-ANTURIN TE10 MITTAUSARVON PERUSTEELLA.

EM. PUMPPUJEN KÄYDESSÄ SÄÄTÖOHJELMA PITÄÄ LS011LTÄ LÄHTEVÄN VEDEN LÄMPÖTILAN ASETUSARVOSSA ANTURIN TE06 MITTAUKSEN PERUSTEELLA. KOMPRESSORIN OHJAUSKESKUS PYSÄYTTÄÄ

PUMPPUN 401PU2.0 KUN SÄILIÖN LÄMPÖTILAN LASKEE ALLE +5C JA TARVITTAESSA SULJETAAN NESTEEN KIERTOA VENTTIILILLÄ FV05. LÄMPÖTILAN NOUSTESSA YLI ASETUSARVON MITTAUKSEN PERUSTEELLA ENSIMMÄISENÄ PORTAANA OHJATAAN SUITEELLISESTI VENTTIILIÄ FV05, SITEN ETTÄ NESTE

KIERTÄÄ NESTEJÄÄHDYTTIMEN KAUTTA, TOISENA PORTAANA OHJATAAN PUMPPUN 401PU2.0 TEHOA JA KOLMANTENA PORTAANA SÄÄDETTÄÄN NESTEJÄÄHDYTTIMEN TEHOA. LÄMPÖTILAN LASKIESSA ALLE ASETUSARVON ON TOIMINTA PÄINVASTAINEN. VALVONTA-ALAKESKUS OHJAA TE09 MITTAUSTULOSTEN PERUSTEELLA MOOTTORIVENTILIÄ FV05 PITÄEN JÄÄHDYTYSSIIRTIMELLE PALAAVAN NESTEEN LÄMPÖTILAN ASETUSARVOSSAAN.

KUN ULKOLÄMPÖTILA ON NOUSSUT NIIN KORKEAKSI, ETTÄ VAPAAJÄÄHDYTYS RIITÄ KATTAMAAN JÄÄHDYTYSTEHOA TARVETTA, PALATAAN KOMPRESSORI JÄÄHDYTYKSEEN. NESTE OHJATAAN KIERTÄMÄÄN LAUHDUTTIMIEN KAUTTA JA LÄMPÖTILALLE ANNETAAN UUSI, KORKEAMPI ASETUS ARVO.

PUMPPU 401PU2.0 JA NESTEJÄÄHDYTIN PYSÄHTYÄ, JOS ANTURIT TE05 TAI TE06 LASKEE ALLE +4C, SAMALLA SULKEUTUU VENTTIILI FV05.

## VAROTOIMINNOT

VEDENJÄÄHDYTTIMIEN VIRTAAUSKYTKIMIE TAI JÄÄTYMISVAARA-ANTURIEN TOIMIEN KÄYNNISTÄÄ LAITTEISTOSSA TAPAHTUU HÄLYTYS.

VEDENJÄÄHDYTTIMIEN JÄÄHDYTYSPIIRIEN VOITTUUN TAPAHTUU HÄLYTYS.

PUMPPUJEN KÄYNTITILAN POIKETESSA HALUTUSTA TAPAHTUU HÄLYTYS.

KOMPRESSORIT EIVÄT SAA KÄYNNISTYÄ, ELLEI VIRTAAUSKYTKIN FS02 TUNNE VIRTASTA.

JÄÄTYMISSUOJATERMOSTAATTI PYSÄYTTÄÄ PUMPPUN 401PU2.0 JA SULKEE VENTTIILIN FV05 JOS TE06 LÄMPÖTILA LASKEE ALLE +3C.



## AquaSnap™ Water to Water Scroll Chiller



### Unit Information

Tag Name: Untitled1  
 Model Number: 30WG-080  
 Quantity: 1  
 Manufacturing Source: Montluel, France  
 Refrigerant: R410A  
 Shipping Weight: 393 kg  
 Operating Weight: 413 kg  
 Unit Length: 1474 mm  
 Unit Width: 880 mm  
 Unit Height: 901 mm

### Performance Information

Cooling Capacity: 3 x 78,3 kW = 235 kW  
 Heating Capacity: 98,5 kW  
 Total Unit Power: 20,4 kW  
 Cooling Efficiency (E.E.R.): 3,84 kW/kW  
 Heating Efficiency (C.O.P.): 4,83 kW/kW  
 A-Weighted Sound Power Level: 73 dbA

### Accessories and Installed Options

Opt. 58 Lead/Lag

### Evaporator Information

Fluid Type: Fresh Water  
 Fouling Factor: 0,0000 (sqm-K)/kW  
 Leaving Temperature: 7,0 °C  
 Entering Temperature: 12,0 °C  
 Fluid Flow: 3,74 L/s  
 Total Pressure Drop: 11,6 kPa

Unit Voltage: 400-3-50 V-Ph-Hz  
 Standby Power: 0,03 kW  
 Minimum Voltage: 360 Volts  
 Maximum Voltage: 440 Volts  
 Power Factor: 0,82

### Condenser Information

Fluid Type: Ethylene Glycol  
 Brine Concentration: 35,0 %  
 Fouling Factor: 0,0000 (sqm-K)/kW  
 Leaving Temperature: 42,0 °C  
 Entering Temperature: 36,0 °C  
 Fluid Flow: 4,27 L/s  
 Total Pressure Drop: 31,8 kPa

Amps (Un)	Electrical Circuit 1	Electrical Circuit 2
Max Unit Current	50,8	---
Draw (RLA)		
Max Start Up	183,4	---
Current (ICF)		
Nominal Unit	33,0	---
Current Draw (A)		

### Fixed speed Integrated Pump Information

No Pump Selected

Standard performances are as per EN14511-3 : 2011.

Sound Power Lw according to ISO 9614-1 and EUROVENT standard 8/1.



**DRY COOLER- 50 Hz**

NS - ajo  
14.3.2014

Date 14.3.2014  
Customer  
Reference

**Operating Mode**  
Glycol/Water

Unit type  
Alfablue Double row

Model  
BDDLE1003CY112 P CBP

Type of calculation  
Required Capacity  
Calculated capacity

Design  
295.00 kW  
284.91 kW

Margin -3.4 %  
Altitude}{(a.s.l.) 0 m

**Dimensions\*\*\***

Length 6755 mm  
Height 2290 mm  
Depth 900 mm  
Packing Pallet

Dry weight (approx. +/-5%) 1198 kg  
Shipping Volume 16.93 m<sup>3</sup>

**Thermal Data**

Air Temperature 30.0 °C / 37.9 °C  
Fluid Eth.glycol 35.0 %  
Fluid flow rate 12.8 l/s  
Freezing point -19.6 °C

Fluid temperature in/out 42.0 °C / 36.2 °C  
Fluid pressure drop 26.2 kPa

**Fan data EC Motor<sup>(1)</sup>**

ErP 2015 Yes  
Air flow: 30.93 m<sup>3</sup>/s  
Air throw  
Rotation speed 620 rpm  
Total Nominal Power 5268 W  
Total Nominal current<sup>(2)</sup> 8.6 A  
Sound Pressure Level (15.0 m) <sup>(1)</sup>44dB(A)

Number of Fans/Fan Motors 6  
Fan diameter 1000.0mm  
Voltage 400V  
Phase 3ph  
Connection Y  
Sound Power Level 81dB(A)

**Coil data**

Tube material Copper  
Fin Spacing 2.1 mm  
Surface 1834.8 m<sup>2</sup>  
Connections (In-Out) 2xDN100 - 2xDN100

Fin material Aluminium  
Number of Circuits 112  
Internal Volume 159.8 litres  
ConnectionSide Same

**Frame and casework**

Case material Galvanized steel painted  
Coil frame material Aluzinc  
Cover Yes

**NOTES**

<sup>(1)</sup> By using the enveloping surface method according to EN 13487

<sup>(2)</sup> Nom. current at T<sub>air</sub>=20°C. Variations occur due to different voltage or T<sub>air</sub>

<sup>(3)</sup> Rated voltage 3~380...480V 50/60hz. Ambient temperature -20°...+60°C. Default setting 0-10V

(\*\*\*) Dimension and weight are not valid for all possible options. Drawings are only preliminary and indicative.

**Options**

Feet Loose standard (h 500)  
 Vibration damper No

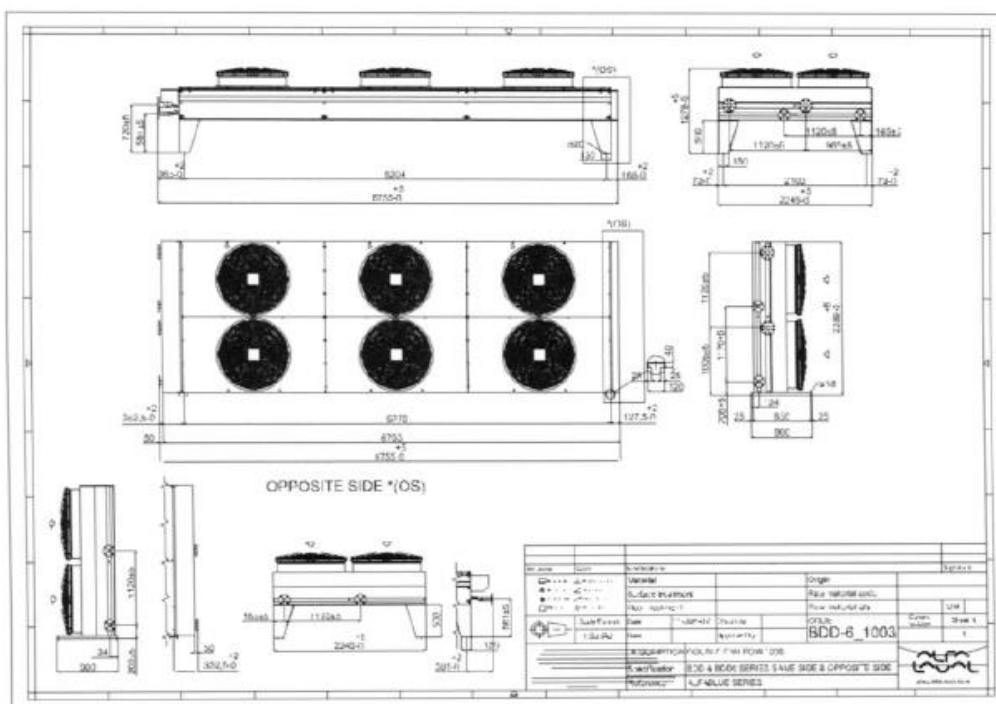
**Electrical**

Switch on/off No  
 Connection box Yes  
 EC connection Parallel conn. 0-10V signal

**Summary**

Type  
 Configured Unit  
 Feet 10999203  
 Total price  
 Description1 BDDLE1003CY112 P CBP  
 Description2 AL 2.1 CU

Program version 5.50 Data update 2013-12-18





#### Unit Parameters:

Tag Name: ..... **Untitled1**  
 Installation Type: ..... **Ducted In Room**  
 System Operation: ..... **2 Pipe Cooling Only**  
 Range and Size: ..... **42EM09**  
 Units Quantity: ..... **1**  
 Return Plenum Nb spigots: ..... **1**  
 Supply Plenum Nb spigots: ..... **1**

#### Performance

Fan Speed		High Speed	Medium Speed Cooling	Low Speed
Variable Speed LEC	V	8,00	2,94	2,00
Air flow rate	m <sup>3</sup> /h	352	144	92
External Static pressure	Pa	120	20	8
<b>Cooling Mode</b>				
Total capacity	kW	1,61	1,00	0,74
Sensible capacity	kW	1,44	0,75	0,52
Supply air temperature	°C	13,6	10,2	8,8
Water flow rate	m <sup>3</sup> /h	0,17	0,17	0,17
Water pressure drop	kPa	6	6	6
Electric motor consumption	W	65	9	4
<b>FCEER Class</b>		<b>B</b>		
<b>Noise level</b>				
Lw: Sound power level	dB(A)	59	38	34
Lp: Sound pressure level	dB(A)	42	21	17
NR level	dB(A)	35	15	12
NC level	dB(A)	33	13	10
<b>Physical Data</b>				
Height	mm	250		
Width	mm	700		
Depth	mm	1024		

#### Note:

Sound Power Levels (Total Lw in dB(A)) are given according to ISO 3741 and certified by EUROVENT.  
 Sound pressure level, NR and NC are based upon hypothetical acoustic attenuation for the room and air diffusion sub-system.  
 The accuracy of the above data is +/-2dB(A).

All dimensions include Water valve factory fitted as maximum unit dimensions, for installation safety  
 Fan coils part load Energy Efficiencies performance ratio FCEER and FCCOP define by Eurovent Certification are given at Eurovent conditions

Huone	Jäähdytysteho	Virtaus	Pk:n painehäviö	Kv-arvo	Kvs-arvo	2-tv dP	B
	[W]	[dm <sup>3</sup> /s]	[kPa]			[kPa]	
H101	1282	0,061	9,9	0,36	0,40	30,3	0,38
H102	1219	0,058	8,9	0,34	0,40	27,4	0,34
H103	832	0,040	4,1	0,23	0,25	32,7	0,41
H104	1212	0,058	8,8	0,34	0,40	27,1	0,34
H105	753	0,036	3,4	0,21	0,25	26,8	0,33
H106	1235	0,059	9,2	0,35	0,40	28,2	0,35
H107	747	0,036	3,3	0,21	0,25	26,3	0,33
H108	1211	0,058	8,8	0,34	0,40	27,1	0,34
H109	747	0,036	3,3	0,21	0,25	26,3	0,33
H120	1255	0,060	9,5	0,35	0,40	29,1	0,36
H121	750	0,036	3,4	0,21	0,25	26,6	0,33
H122	827	0,039	4,1	0,23	0,25	32,3	0,40
H202	903	0,043	4,9	0,25	0,25	38,5	0,48
H203	813	0,039	4,0	0,23	0,25	31,2	0,39
H204	873	0,042	4,6	0,24	0,25	36,0	0,45
H205	903	0,043	4,9	0,25	0,25	38,5	0,48
H206	861	0,041	4,4	0,24	0,25	35,0	0,44
H207	1012	0,048	6,1	0,28	0,25	48,3	0,60
H288	1230	0,059	9,1	0,34	0,40	27,9	0,35
H209	901	0,043	4,9	0,25	0,25	38,3	0,48
H210	892	0,043	4,8	0,25	0,25	37,5	0,47
H211	1196	0,057	8,6	0,33	0,40	26,4	0,33
H212	980	0,047	5,8	0,27	0,25	45,3	0,57
H213	821	0,039	4,0	0,23	0,25	31,9	0,40
H214	1534	0,073	14,1	0,43	0,40	43,4	0,54
H215	844	0,040	4,3	0,24	0,25	33,7	0,42
H216	1498	0,071	13,5	0,42	0,40	41,4	0,52
H217	851	0,041	4,3	0,24	0,25	34,2	0,43
H218	1518	0,072	13,8	0,42	0,40	42,5	0,53
H219	893	0,043	4,8	0,25	0,25	37,7	0,47
H220	978	0,047	5,7	0,27	0,25	45,1	0,56
H221	831	0,040	4,1	0,23	0,25	32,6	0,41
H222	1226	0,059	9,0	0,34	0,40	27,7	0,35
H223	753	0,036	3,4	0,21	0,25	26,7	0,33
H224	1209	0,058	8,8	0,34	0,40	27,0	0,34
H225	746	0,036	3,3	0,21	0,25	26,3	0,33
H226	1207	0,058	8,7	0,34	0,40	26,9	0,34
H227	746	0,036	3,3	0,21	0,25	26,3	0,33
H229	747	0,036	3,3	0,21	0,25	26,3	0,33
H230	1209	0,058	8,8	0,34	0,40	27,0	0,34
H231	766	0,037	3,5	0,21	0,25	27,7	0,35
H232	1243	0,059	9,3	0,35	0,40	28,5	0,36

H223	753	0,036	3,4	0,21	0,25	26,7	0,33
H224	1209	0,058	8,8	0,34	0,40	27,0	0,34
H225	746	0,036	3,3	0,21	0,25	26,3	0,33
H226	1207	0,058	8,7	0,34	0,40	26,9	0,34
H227	746	0,036	3,3	0,21	0,25	26,3	0,33
H229	747	0,036	3,3	0,21	0,25	26,3	0,33
H230	1209	0,058	8,8	0,34	0,40	27,0	0,34
H231	766	0,037	3,5	0,21	0,25	27,7	0,35
H232	1243	0,059	9,3	0,35	0,40	28,5	0,36
H260	921	0,044	5,1	0,26	0,25	40,1	0,50
H311	1137	0,054	7,8	0,32	0,40	23,8	0,30
H312	685	0,033	2,8	0,19	0,25	22,1	0,28
H313	1145	0,055	7,9	0,32	0,40	24,2	0,30
H314	923	0,044	5,1	0,26	0,25	40,2	0,50
H315	674	0,032	2,7	0,19	0,25	21,5	0,27
H316	617	0,029	2,3	0,17	0,25	18,0	0,22
H317	675	0,032	2,7	0,19	0,25	21,5	0,27
H318	1421	0,068	12,1	0,40	0,40	37,2	0,47
H319	681	0,033	2,8	0,19	0,25	21,9	0,27
H320	1460	0,070	12,8	0,41	0,40	39,3	0,49
H321	741	0,035	3,3	0,21	0,25	26,0	0,32
H322	1519	0,072	13,8	0,42	0,40	42,6	0,53
H323	945	0,045	5,4	0,26	0,25	42,2	0,53
H324	1224	0,058	9,0	0,34	0,40	27,6	0,35
H325	841	0,040	4,2	0,24	0,25	33,4	0,42
H326	1212	0,058	8,8	0,34	0,40	27,1	0,34
H327	755	0,036	3,4	0,21	0,25	26,9	0,34
H328	1211	0,058	8,8	0,34	0,40	27,0	0,34
H329	748	0,036	3,4	0,21	0,25	26,4	0,33
H330	1236	0,059	9,2	0,35	0,40	28,2	0,35
H331	748	0,036	3,4	0,21	0,25	26,4	0,33
H332	1215	0,058	8,9	0,34	0,40	27,2	0,34
H333	750	0,036	3,4	0,21	0,25	26,6	0,33
H334	1253	0,060	9,4	0,35	0,40	29,0	0,36
H335	799	0,038	3,8	0,22	0,25	30,2	0,38
H411	1247	0,060	9,3	0,35	0,40	28,7	0,36
H412	692	0,033	2,9	0,19	0,25	22,6	0,28
H413	1263	0,060	9,6	0,35	0,40	29,4	0,37
H414	869	0,041	4,5	0,24	0,25	35,7	0,45
H415	671	0,032	2,7	0,19	0,25	21,3	0,27
H416	625	0,030	2,3	0,17	0,25	18,4	0,23
H417	671	0,032	2,7	0,19	0,25	21,3	0,27
H418	1419	0,068	12,1	0,40	0,40	37,1	0,46
H419	677	0,032	2,8	0,19	0,25	21,7	0,27

H420	1459	0,070	12,8	0,41	0,40	39,3	0,49
H421	739	0,035	3,3	0,21	0,25	25,8	0,32
H422	1514	0,072	13,7	0,42	0,40	42,3	0,53
H423	944	0,045	5,4	0,26	0,25	42,1	0,53
H424	1226	0,059	9,0	0,34	0,40	27,7	0,35
H425	845	0,040	4,3	0,24	0,25	33,7	0,42
H426	1214	0,058	8,8	0,34	0,40	27,2	0,34
H427	757	0,036	3,4	0,21	0,25	27,0	0,34
H428	1213	0,058	8,8	0,34	0,40	27,1	0,34
H429	750	0,036	3,4	0,21	0,25	26,5	0,33
H430	1238	0,059	9,2	0,35	0,40	28,3	0,35
H431	750	0,036	3,4	0,21	0,25	26,5	0,33
H432	1218	0,058	8,9	0,34	0,40	27,4	0,34
H433	754	0,036	3,4	0,21	0,25	26,8	0,34
H434	1259	0,060	9,5	0,35	0,40	29,3	0,37
H435	856	0,041	4,4	0,24	0,25	34,6	0,43
H511	1291	0,062	10,0	0,36	0,40	30,7	0,38
H512	707	0,034	3,0	0,20	0,25	23,6	0,29
H513	1310	0,063	10,3	0,37	0,40	31,6	0,40
H514	871	0,042	4,6	0,24	0,25	35,9	0,45
H515	669	0,032	2,7	0,19	0,25	21,2	0,26
H516	576	0,027	2,0	0,16	0,25	15,6	0,20
H517	669	0,032	2,7	0,19	0,25	21,2	0,26
H518	1413	0,067	12,0	0,39	0,40	36,8	0,46
H519	675	0,032	2,7	0,19	0,25	21,5	0,27
H520	1457	0,070	12,7	0,41	0,40	39,2	0,49
H521	736	0,035	3,2	0,21	0,25	25,6	0,32
H522	1513	0,072	13,73	0,42	0,40	42,2	0,53
H523	944	0,045	5,3	0,26	0,25	42,1	0,53
H524	1227	0,059	9,0	0,34	0,40	27,8	0,35
H525	844	0,040	4,3	0,24	0,25	33,6	0,42
H526	1216	0,058	8,9	0,34	0,40	27,3	0,34
H527	756	0,036	3,4	0,21	0,25	27,0	0,34
H528	1214	0,058	8,8	0,34	0,40	27,2	0,34
H529	749	0,036	3,4	0,21	0,25	26,5	0,33
H530	1239	0,059	9,2	0,35	0,40	28,3	0,35
H531	749	0,036	3,4	0,21	0,25	26,5	0,33
H532	1220	0,058	8,9	0,34	0,40	27,5	0,34
H533	755	0,036	3,4	0,21	0,25	26,9	0,34
H534	1262	0,060	9,6	0,35	0,40	29,4	0,37
H535	880	0,042	4,6	0,25	0,25	36,6	0,46
H611	1318	0,063	10,4	0,37	0,40	32,0	0,40

H612	700	0,033	2,9	0,20	0,25	23,1	0,29
H613	1367	0,065	11,2	0,38	0,40	34,5	0,43
H614	863	0,041	4,5	0,24	0,40	13,7	0,17
H615	657	0,031	2,6	0,18	0,25	20,4	0,26
H616	605	0,029	2,2	0,17	0,25	17,3	0,22
H617	655	0,031	2,6	0,18	0,25	20,3	0,25
H618	1381	0,066	11,4	0,39	0,40	35,2	0,44
H619	661	0,032	2,6	0,18	0,25	20,6	0,26
H620	1420	0,068	12,1	0,40	0,40	37,2	0,46
H621	722	0,034	3,1	0,20	0,25	24,6	0,31
H622	1471	0,070	13,0	0,41	0,40	39,9	0,50
H623	922	0,044	5,1	0,26	0,25	40,2	0,50
H624	1186	0,057	8,4	0,33	0,40	25,9	0,32
H625	826	0,039	4,1	0,23	0,25	32,2	0,40
H626	1172	0,056	8,2	0,33	0,40	25,3	0,32
H627	744	0,036	3,3	0,21	0,25	26,2	0,33
H628	1170	0,056	8,2	0,33	0,40	25,2	0,32
H629	738	0,035	3,3	0,21	0,25	25,7	0,32
H630	1194	0,057	8,6	0,33	0,40	26,3	0,33
H631	738	0,035	3,3	0,21	0,25	25,7	0,32
H632	1175	0,056	8,3	0,33	0,40	25,5	0,32
H633	744	0,035	3,3	0,21	0,25	26,1	0,33
H634	1212	0,058	8,8	0,34	0,40	27,1	0,34
H635	860	0,041	4,4	0,24	0,25	35,0	0,44

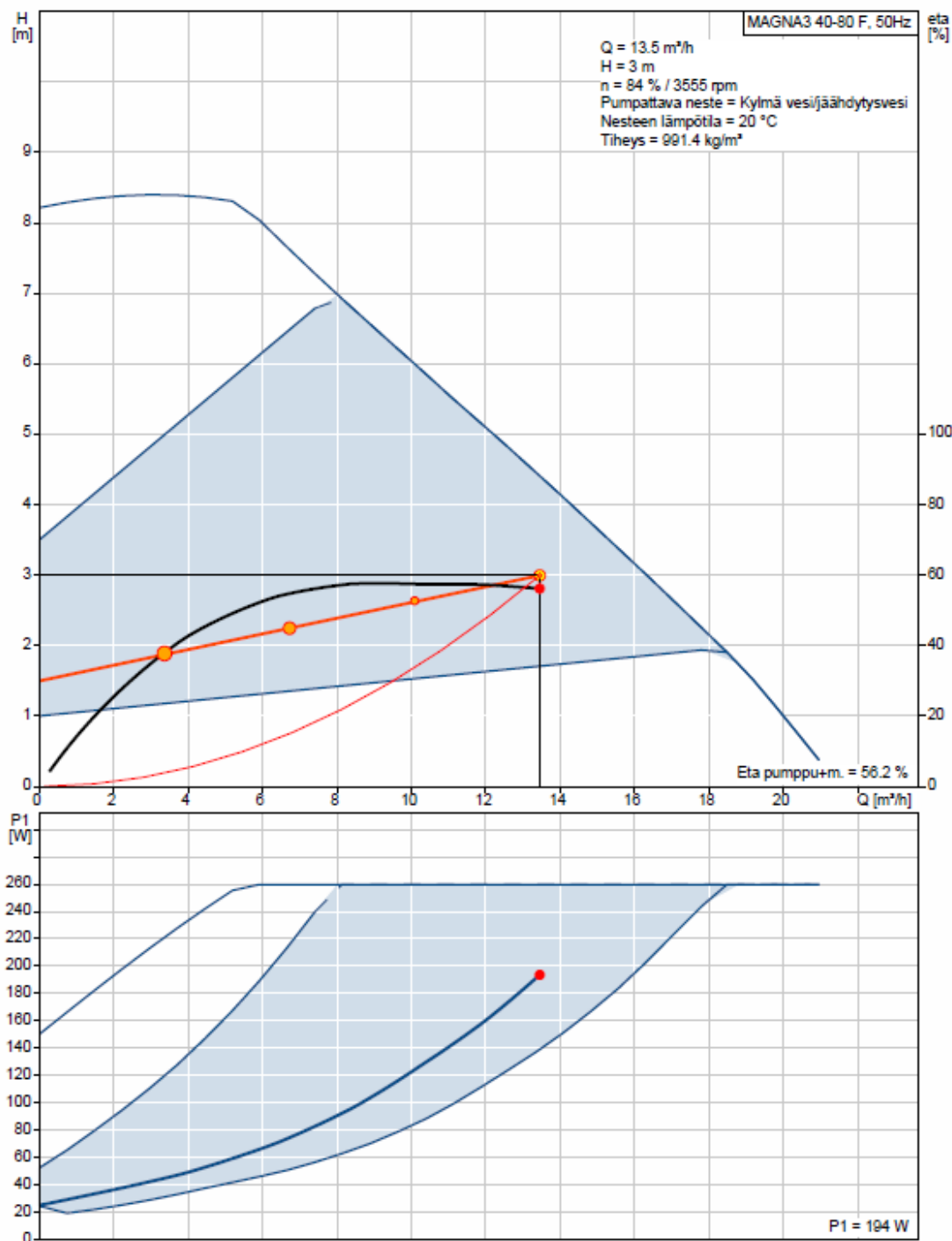
**GRUNDFOS**



Yhtiön nimi: -  
Luotu: -  
Puhelin: -  
Fax: -  
Päiväys: -

PU01

97924268 MAGNA3 40-80 F 50 Hz







Yhtiön nimi:

Luotu:

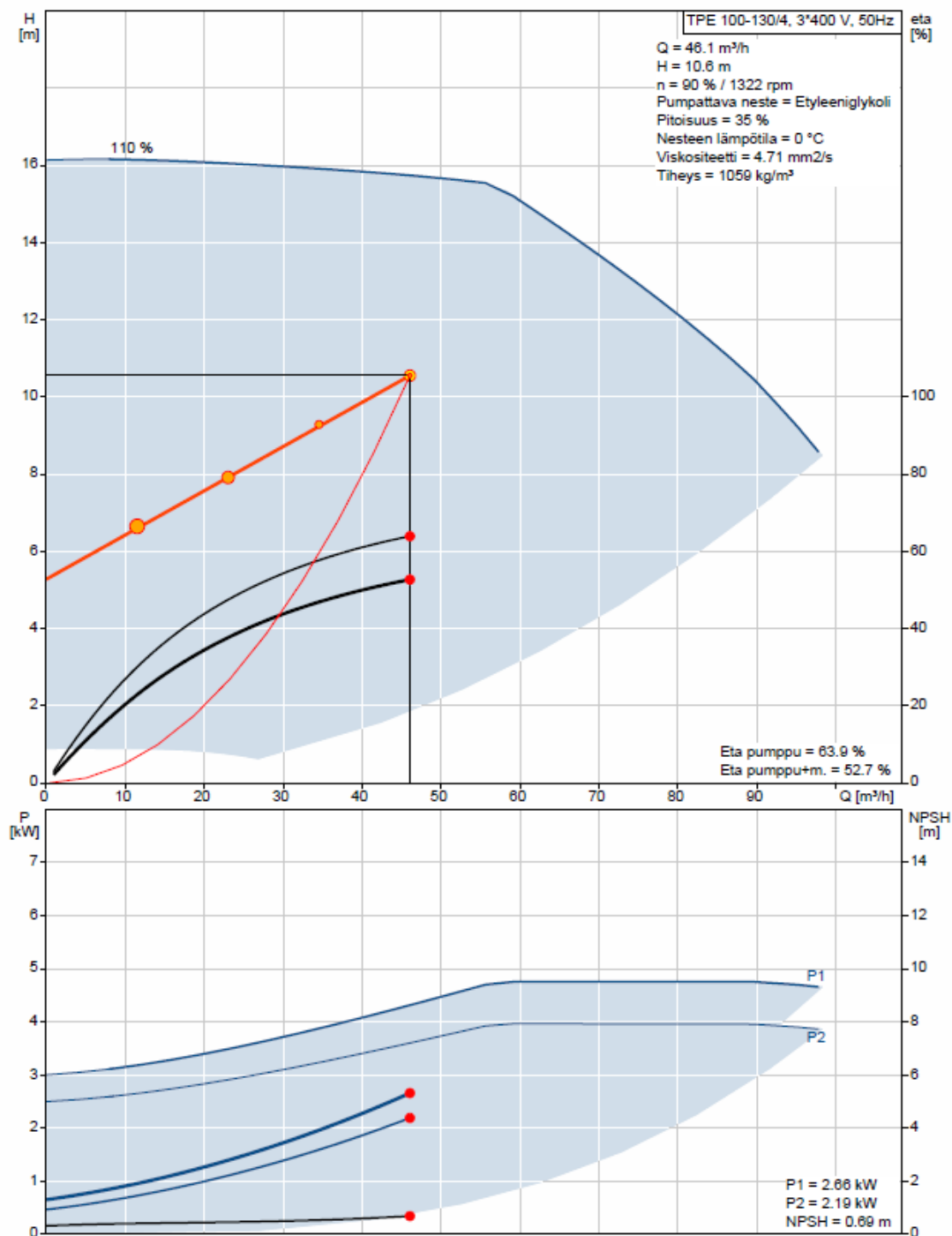
Puhelin:

Fax:

Päiväys:

PU02

96110400 TPE 100-130/4 50 Hz



**GRUNDFOS®**

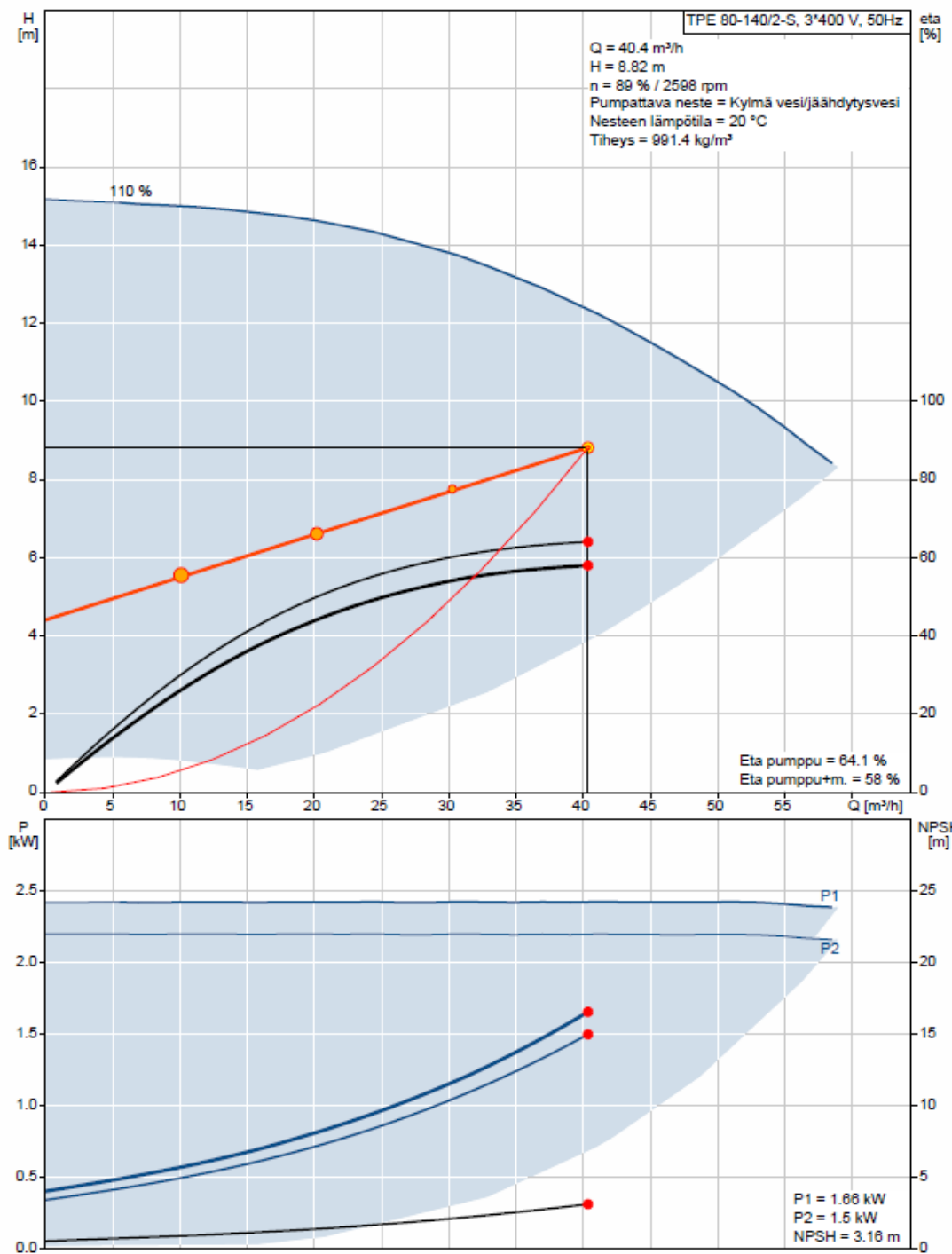
Yhtiön nimi:

Luotu:

Puhelin:

Fax:






Päiväys:

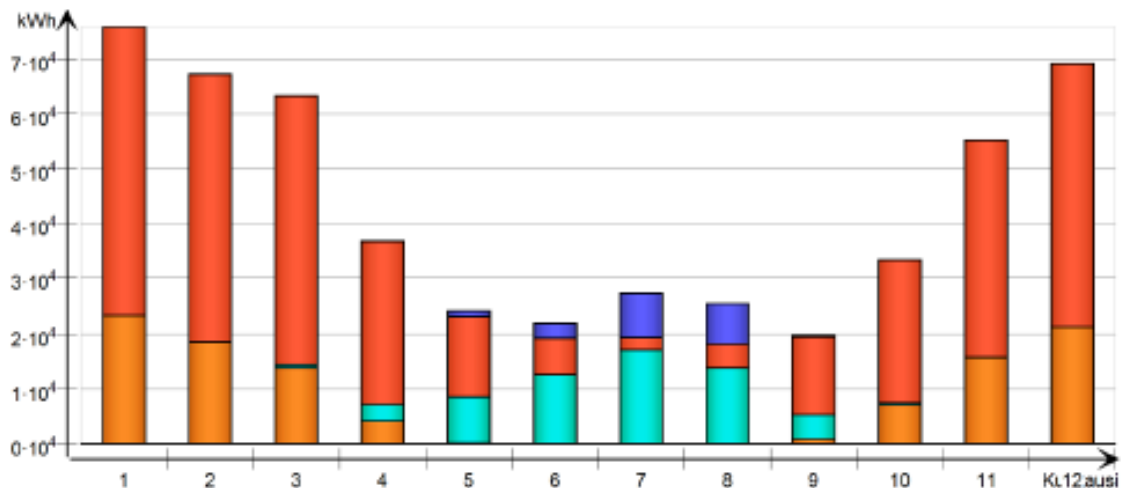
**PU03****98112687 TPE 80-140/2-S 50 Hz**

		<b>Järjestelmien energia</b>	
<b>Projekti</b>		<b>Rakennus</b>	
		Mallin lattia-ala	4049.8 m <sup>2</sup>
Asiakas		Mallin tilavuus	10529.3 m <sup>3</sup>
Vastuuhenkilö	Petteri Heiskanen	Mallin maaperän pinta-ala	802.4 m <sup>2</sup>
Sijainti	Kuopio	Mallin vaipan ala	3722.1 m <sup>2</sup>
Säätiedosto	FIN_KUOPIO_029170(IW2)	Ikkuna/Vaippa	11.7 %
Tapaus	CUMULUS	Keskimääräinen U-arvo	0.5728 W/(K·m <sup>2</sup> )
Simuloitu	8.5.2014 09:10:26	Vaipan alan suhde tilavuuteen	0.3535 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

## Energiankulutus

### kWh (tuntuva ja sidottu)

Kuukausi	Tilalämmitys	Tilajäähdytys	Lämmitys IV-koneella	Jäähdytys IV-koneella	Lämmin käyttövesi
					
1	23505.0	0.0	52404.0	0.0	0.0
2	18658.0	49.5	48603.0	0.0	0.0
3	13963.0	551.3	48843.0	0.0	0.0
4	4086.0	3042.0	29368.0	120.4	0.0
5	151.0	8449.0	14734.0	986.8	0.0
6	30.8	12682.0	6669.0	2770.0	0.0
7	-0.0	17162.0	2226.0	7712.0	0.0
8	22.5	13962.0	4371.0	7337.0	0.0
9	800.7	4451.0	14183.0	340.8	0.0
10	7069.0	399.8	25696.0	0.0	0.0
11	15865.0	1.6	39357.0	0.0	0.0
12	21433.0	0.0	47769.0	0.0	0.0
<b>Yhteensä</b>	<b>105583.9</b>	<b>60750.2</b>	<b>334223.0</b>	<b>19267.0</b>	<b>0.0</b>

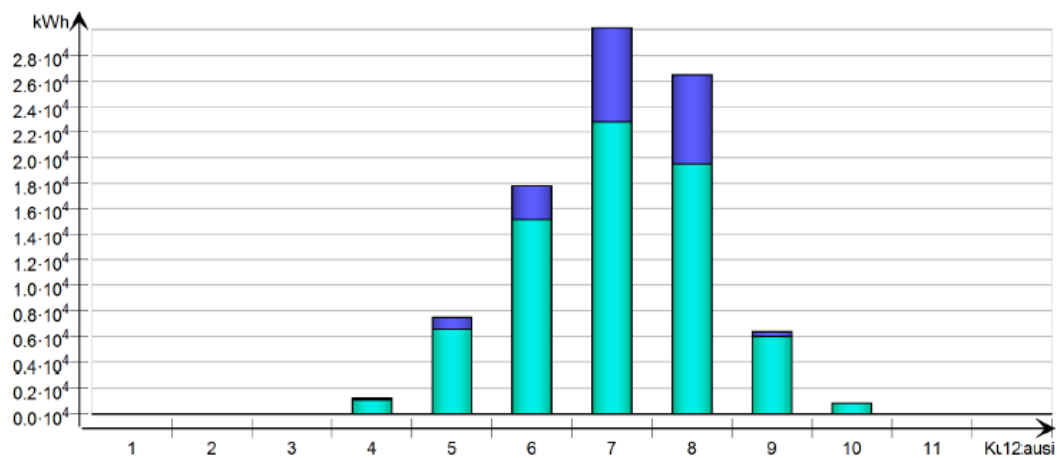


		<b>Järjestelmien energia</b>	
<b>Projekti</b>		<b>Rakennus</b>	
		Mallin lattia-ala	432.3 m <sup>2</sup>
Asiakas		Mallin tilavuus	1124.1 m <sup>3</sup>
Vastuuhenkilö	Petteri Heiskanen	Mallin maaperän pinta-ala	432.3 m <sup>2</sup>
Sijainti	Kuopio	Mallin vaipan ala	1023.8 m <sup>2</sup>
Säätiedosto	FIN_KUOPIO_029170(IW2)	Ikkuna/Vaippa	3.9 %
Tapaus	ravintola	Keskimääräinen U-arvo	0.7118 W/(K·m <sup>2</sup> )
Simuloitu	7.5.2014 14:22:38	Vaipan alan suhde tilavuuteen	0.9108 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

## Energiankulutus

### kWh (tuntuva ja sidottu)

Kuukausi	Tilalämmitys	Tilajäähdytys	Lämmitys IV-koneella	Jäähdytys IV-koneella	Lämmin käyttövesi
1	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	1118.0	0.0	114.1	0.0
5	0.0	6530.0	0.0	942.0	0.0
6	0.0	15151.0	0.0	2640.0	0.0
7	0.0	22807.0	0.0	7381.0	0.0
8	0.0	19479.0	0.0	7018.0	0.0
9	0.0	5989.0	0.0	323.7	0.0
10	0.0	823.8	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Yhteensä</b>	<b>0.0</b>	<b>71897.8</b>	<b>0.0</b>	<b>18418.8</b>	<b>0.0</b>



 SIMULATION TECHNOLOGY GROUP		<b>Järjestelmien energia</b>	
<b>Projekti</b>		<b>Rakennus</b>	
		Mallin lattia-ala	246.9 m <sup>2</sup>
Asiakas		Mallin tilavuus	642.0 m <sup>3</sup>
Vastuuhenkilö	Petteri Heiskanen	Mallin maaperän pinta-ala	246.9 m <sup>2</sup>
Sijainti	Kuopio	Mallin vaipan ala	667.8 m <sup>2</sup>
Säätiedosto	FIN_KUOPIO_029170(IW2)	Ikkuna/Vaippa	1.9 %
Tapaus	vastaanotto	Keskimääräinen U-arvo	0.3251 W/(K·m <sup>2</sup> )
Simuloitu	7.5.2014 14:32:27	Vaipan alan suhde tilavuuteen	1.04 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

## Energiankulutus

### kWh (tuntuva ja sidottu)

Kuukausi	Tilalämmitys	Tilajäähdytys	Lämmitys IV-koneella	Jäähdytys IV-koneella	Lämmin käyttövesi
1	1379.0	0.0	1211.0	0.0	0.0
2	1066.0	0.0	1170.0	0.0	0.0
3	639.4	0.0	1047.0	0.0	0.0
4	22.6	30.3	372.1	9.9	0.0
5	0.0	427.5	13.3	82.8	0.0
6	0.0	752.6	0.7	232.5	0.0
7	0.0	1195.0	0.0	644.2	0.0
8	0.0	993.8	0.0	603.2	0.0
9	0.0	231.3	17.9	28.2	0.0
10	60.6	3.6	236.8	0.0	0.0
11	651.0	0.0	742.8	0.0	0.0
12	1169.0	0.0	1008.0	0.0	0.0
<b>Yhteensä</b>	<b>4987.6</b>	<b>3634.1</b>	<b>5819.6</b>	<b>1600.8</b>	<b>0.0</b>

